

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)»



На правах рукописи

СЕДЛЯРОВ ОЛЕГ ИВАНОВИЧ

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ
ОЦЕНКИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБУВНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПЕРСОНАЛ И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Специальность: 05.19.05 — Технология кожи, меха, обувных и кожевенно-
галантерейных изделий

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
доктора технических наук

Научный консультант:
доктор технических наук,
профессор,
Костылева Валентина Владимировна

Москва — 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГЛАВА I. ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПЕРСОНАЛ И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	19
1.1. Анализ взаимодействия в системе «Промышленное предприятие – Персонал (человек) – Окружающая среда».....	19
1.2. Санитарно-гигиенические требования к микроклимату производственных помещений	26
1.3. Факторы, влияющие на формирование микроклимата производственных помещений	33
1.4. Организация воздухообмена и определение нормативных параметров и расхода приточного воздуха	39
1.5. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда на производственных объектах, осуществляющих производство обуви.....	45
1.6. Санитарно-гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха.....	48
1.7. Современные подходы и программное обеспечение для моделирования и оценки влияния промышленного предприятия на персонал и окружающую среду.....	53
ВЫВОДЫ ПО I ГЛАВЕ.....	60
ГЛАВА II. ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ОБУВНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ИСТОЧНИКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЕРСОНАЛ ОБУВНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	64
2.1. Анализ условий труда на предприятиях по производству обуви и влияния качества воздуха на организм человека.....	64
2.2. Общая характеристика технологического процесса производства обуви как источника загрязнения воздушной среды.....	69
2.3. Характеристика операций технологических процессов, сопровождающихся выделениями твердых загрязняющих веществ.....	81

2.4. Методы расчета пылевыведений на этапе механической обработки сборки обуви	87
2.5. Характеристика операций технологических процессов, сопровождающихся выделениями газообразных загрязняющих веществ	95
2.6. Характеристика операций технологических процессов, сопровождающихся паровыделениями.....	111
ВЫВОДЫ ПО II ГЛАВЕ	115
ГЛАВА III. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА И КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ОБУВНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	117
3.1. Математическая постановка задачи моделирования и математическая модель тепломассопереноса в производственных цехах обувных предприятий	122
3.3. Алгоритм расчета тепломассопереноса и распространения вредных веществ в производственных цехах обувных предприятий	136
3.4. Программная реализация алгоритма расчетов и программное обеспечение моделирования параметров микроклимата и качества воздуха производственных помещений обувных предприятий	140
ВЫВОДЫ ПО III ГЛАВЕ	143
ГЛАВА IV. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА И КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ОБУВНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ...	145
4.1. Разработка геометрии пространственной области расчетной модели и задание свойств объектов модели. Особенности создания расчетных сеток	146
4.2. Пространство цеха и ограждающие конструкции	151
4.3. Анализ результатов расчетов параметров микроклимата и качества воздушной среды производственных помещений обувных предприятий.....	159
4.4. Определение пространственных границ и динамики изменения зон повышенной температуры и концентрации загрязняющих веществ	208

4.5.	Локальный средний «возраст» воздуха	210
4.6.	Натурные замеры и проверка адекватности модели расчетов параметров микроклимата и качества воздушной среды производственных помещений обувных предприятий	213
4.7.	Результаты моделирования объектов других отраслей промышленности.....	233
	ВЫВОДЫ ПО IV ГЛАВЕ.....	244
	ГЛАВА V. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ОБУВНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	246
5.1.	Технология производства и влияние обувных предприятий на окружающую среду.....	246
5.2.	Характеристика загрязнения приземных слоев атмосферы выбросами обувных предприятий	257
5.3.	Факторы, оказывающие влияние на рассеивание загрязняющих веществ в приземных слоях атмосферы	262
5.4.	Математическая постановка задачи и математическая модель процессов тепломассопереноса в приземных слоях атмосферы.....	270
5.6.	Расчеты рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы в районе размещения обувного предприятия и анализ их результатов.....	276
	ВЫВОДЫ ПО V ГЛАВЕ	281
	ГЛАВА VI. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ОБУВНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	283
6.1.	Особенности гигиенического нормирования загрязнения атмосферного воздуха.....	283
6.2.	Эколого-экономический критерий оценки негативного воздействия промышленного предприятия на атмосферный воздух	286

6.3. Методика интегральной оценки уровня негативного влияния обувного предприятия на окружающую среду	293
6.4. «Цифровой двойник» («Digital twin») промышленного предприятия как основа оценки влияния технологии на производственный персонал и окружающую среду	297
ВЫВОДЫ ПО VI ГЛАВЕ.....	301
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ	303
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	308
ПРИЛОЖЕНИЕ А	353
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	406
ПРИЛОЖЕНИЕ В	413

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В «Стратегии развития промышленности РФ до 2035 г.» отмечено, что «в настоящее время наблюдается объединение экономических и экологических процессов, в том числе в пределах глобальных соглашений по климату (Парижское соглашение, принятое 12 декабря 2015 г. 21-й сессией Конференции Сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата). Даже при падении цен на энергоносители экологическая повестка в ближайшие годы станет источником новых требований к характеристикам продукции, как формализованных, в виде торговых барьеров, так и неформализованных, в форме меняющихся потребительских предпочтений».

Необходимость наращивания собственных производственных мощностей, создания новых рабочих мест ставят перед предприятиями лёгкой промышленности важные задачи: выпуск продукции конкурентоспособного качества при достижении высоких показателей энергосбережения, снижении трудоемкости технологических процессов и оптимизации затрат на материалы при строгом соблюдении требований производственной и экологической безопасности.

Конституция Российской Федерации гарантирует, что «Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением», а также «право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены...».

Обеспечение комфортных и благоприятных условий труда является одним из путей повышения эффективности производства и качества выпускаемой продукции.

Нормативное качество воздуха рабочей зоны в производственных цехах обувных предприятий достигается воздухообменом. Анализ нормативно-методических документов показывает, что определение необходимого воздухообмена в производственных цехах обувных предприятий по количеству

выделяющихся вредных веществ не всегда учитывает специфику и технологические особенности изготовления изделий. Сущность применяемых методов, закрепленных в нормативных документах, заключается в определении средней концентрации вредных веществ во всем объеме производственного цеха, которая не должна превышать предельно допустимой.

Вместе с тем, даже при выполнении всех нормативных требований в производственном помещении образуются зоны, в которых концентрации, например пылевывделений, превышают средние значения. Как правило это зоны, расположенные в непосредственной близости от мест выделения вредных веществ и зоны, в которых движение воздуха ограничивается технологическим оборудованием, элементами конструкций или другими факторами. Это обстоятельство вызывает необходимость изменить подход к оценке и определению параметров состояния воздушной среды как в производственных цехах промышленных предприятий, так и в окружающей среде. С этой точки зрения диссертация на тему «Научно-практические основы разработки методов оценки и моделирования воздействия технологических процессов обувных предприятий на производственный персонал и окружающую среду» **является актуальной**. Она отвечает Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642), в соответствии с которой приоритетами и перспективами в «ближайшие 10–15 лет следует считать те направления, которые позволят получить научные и научно-технические результаты и создать технологии, являющиеся основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке, обеспечат возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий, социальных институтов на современном этапе глобального развития» и Основам государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (Утверждены Президентом Российской Федерации 30 апреля 2012 года).

Степень научной разработанности проблемы. Существенный вклад в решение проблем совершенствования технологических процессов производства обуви, методов оценки состояния воздушной среды цехов предприятий, в том числе на основе математического моделирования, внесли Зыбин Ю. П., Фукин В. А., Островитянов Э. М., Анохин Д. И., Гвоздев Ю. М., Клобуков С. И., Нестеров В. П., Скатерной В. А., Костылева В. В., Татарчук И. Р. и др.

Тепло- и массообменными процессами, происходящими при формировании микроклимата помещения занимались такие ученые как Банхиди Л., Богословский В. Н., Белов С. В., Блази В., Малявина Е. Г. и другие. Вопросами физиолого-гигиенических требований к условиям труда и климата – Афанасьева Р. Ф., Делль Р. А., Колесников П. А., Витте Н. К. и другие. Состояние тепловой среды во взаимосвязи с рабочей одеждой для предприятий легкой промышленности наиболее полно отражено в работах Умнякова П. Н.

Моделированию процессов тепло- и массопереноса посвящены работы российских (советских) и зарубежных ученых, таких как А. А. Самарский, П. Н. Вабищевич Л. Г. Лойцянский, П. Роуч, Т. Себиси, П. Брэдшоу, S. V. Patankar, D. B. Spalding, Richard H. Pletcher, John C. Tannehill, Dale Anderson и многих других.

Одним из первых, кто применил методы вычислительной гидродинамики к исследованию вентиляции, был P. Nielsen и несколько позднее Y Li, S. Murakami, S. Kato, K. Ito, Q. Zhu, S. H. Peng, A. C. K Lai и другие.

Цель диссертационной работы состоит в разработке научно обоснованных методов комплексной оценки и моделирования воздействия технологических процессов обувных предприятий на производственный персонал и окружающую среду.

Теоретическая значимость исследования подкреплена решением **научной проблемы** обоснования и совершенствования методов проектирования технических систем, обеспечивающих минимизацию антропогенного воздействия,

на основе комплексной оценки и моделирования воздействия технологических процессов обувных предприятий на производственный персонал и окружающую среду.

Для достижения поставленной цели и решения научной проблемы в работе решены **следующие задачи**:

- осуществлен анализ актуальной нормативной документации в области обеспечения санитарно-гигиенических и экологических требований;
- изучена и систематизирована технология производства обуви с точки зрения влияния на производственный персонал и состояние воздушной среды, включая технологические операции, сопровождающиеся выделением твердых и газообразных загрязняющих веществ, паро- и тепловыделениями;
- предложен метод расчета удельных показателей пылевыведений в зависимости от вида технологической операции, используемого оборудования, ассортимента и химического состава клеев и отделочных материалов (аппретур, красок и т. П.), технологических нормативов выполнения операций и характеристик обрабатываемого материала;
- исследованы методы расчета как параметров микроклимата и качества воздушной среды внутри производственных помещений обувных предприятий, так и параметров состояния атмосферного воздуха;
- разработана новая комплексная многомасштабная математическая модель нестационарного тепломассопереноса для оценки воздействия технологических процессов производства обуви как на производственный персонал, так и окружающую среду;
- предложен новый алгоритм и этапы моделирования расчета параметров тепломассопереноса и распространения вредных веществ для оценки воздействия технологических процессов производства обуви на производственный персонал и окружающую среду, а также его программная реализация на основе свободного программного обеспечения;
- проведена апробация разработанной математической модели и методики расчетов;

- по результатам проведенных исследований разработаны мероприятия по снижению негативного влияния на качество воздуха рабочей зоны производственных цехов обувных предприятий;
- разработан новый эколого-экономический критерий оценки негативного воздействия промышленного предприятия на атмосферный воздух.

Объектом исследования является система «Промышленное предприятие – Персонал (человек) – Окружающая среда».

Предмет исследования — технологические процессы обувных предприятий, нормативная документация в области обеспечения санитарно-гигиенических и экологических требований, параметры воздушной среды производственных цехов обувных предприятий, параметры окружающей среды.

Диссертация отвечает формуле научной специальности «Технология кожи, меха, обувных и кожевенно-галантерейных изделий» – ...сложившаяся область науки и техники..., включающая в себя... комплексную оценку влияния промышленных объектов на природные и искусственные экосистемы; исследование условий при функционировании технических средств, как источников загрязнения и других видов антропогенного воздействия на окружающие системы; научное обоснование, разработка и совершенствование методов проектирования технических систем и нормирования проектной и изыскательной деятельности, обеспечивающих минимизацию антропогенного воздействия на живую природу...»

Диссертационная работа соответствует пунктам 23. Разработка методов оптимизации обувного и кожгалантерейного производства на основе научного прогнозирования, применения математических методов и вычислительной техники и т.д., **24.** Разработка теоретических и методических основ автоматизированного проектирования гибких производственных потоков с использованием методов имитационного моделирования; **25.** Разработка принципов практических мер, направленных на охрану живой природы, как на видовом, так и экосистемном

уровне; разработка принципов создания искусственных экосистем (агроэкосистемы, объекты аквакультуры и т.п.) и управление их функционированием; **26.** Исследование влияния антропогенных факторов на экосистему производств изделий легкой промышленности для разработки экологически обоснованных норм воздействия хозяйственной деятельности человека на живую природу. Изучение общих законов взаимодействия человека и биосферы; **27.** Разработка принципов и механизмов, обеспечивающих устойчивое состояние системы «человек – производственная среда», в условиях биоразнообразия и стабильного состояния природной среды» паспорта научной специальности 05.19.05 – Технология кожи, меха, обувных и кожевенно-галантерейных изделий».

Методология исследования базируется на общенаучных подходах системного и концептуального анализа. Для решения поставленных задач использован аппарат вычислительной математики, математического анализа и моделирования, аналитической, дифференциальной, численной геометрии и линейной алгебры, интегрального исчисления, аппроксимации, интерполяции, статистической обработки и научной визуализации данных. В работе использовано программное обеспечение операционных систем Windows и Linux, включая Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint) и LibreOffice, систему имитационного моделирования AnyLogic, свободное программное обеспечение и программное обеспечение с открытым исходным кодом, включая CAD-системы и системы 3D моделирования FreeCAD, Salome, OPEN CASCADE, Blender; сеточные генераторы blockMesh, snappyHexMesh, gmesh, Netgen и другие; программное обеспечение для решения задач вычислительной гидродинамики и мультифизики OpenFOAM, codeSaturne, Elmer, FDS-SMV, программы научной визуализации и обработки результатов расчетов ParaView, gnuplot, VisIt, Octave, Scilab, а также языки программирования Python, C/C++ и Java.

Научная новизна диссертации заключается в разработке научно-практических основ и методов комплексной оценки и моделирования воздействия технологических процессов обувных предприятий на производственный персонал и окружающую среду. При этом впервые получены следующие научные результаты.

- предложены новые методы расчета удельных показателей пылевыведений в зависимости от вида технологической операции, используемого оборудования, технологических нормативов ее выполнения и характеристик обрабатываемого материала;

- разработана новая комплексная многомасштабная математическая модель нестационарного тепломассопереноса для оценки воздействия технологических процессов производства обуви как на производственный персонал, так и окружающую среду, включающая в себя математические модели процессов тепломассопереноса на уровне технологической операции, производственного участка, цеха, предприятия в целом и в окружающей предприятие среде, которые учитывают тепловыделения от человека и оборудования, мощность работы систем общеобменной и местной вентиляции, используемые в производственном процессе основные и вспомогательные материалы, а также рельеф местности и характер застройки близлежащей территории;

- выполнен расчет локального времени пребывания воздуха в любой точке помещения, позволяющий оценить эффективность работы системы вентиляции на любой стадии жизненного цикла промышленного здания, реализованный на основе разработанной комплексной математической модели;

- реализован новый подход к оценке состояния воздуха рабочей зоны, обеспечивший переход от фактически «однозонной» модели оценки качества воздушной среды производственного помещения к «пространственной» модели, позволяющей определить параметры воздушной среды в любой конкретной точке производственного помещения, на основе разработанной комплексной математической модели;

- предложен новый эколого-экономический критерий оценки негативного воздействия промышленного предприятия на атмосферный воздух, базирующийся на понятии «условно чистого ресурса» (воды, воздуха), позволяющий значительно упростить систему экологических платежей и который может являться основой для выбора наилучших доступных технологий (НДТ) и использоваться как параметр оценки углеродного следа.

Научная новизна работы подтверждена 6 патентами на изобретения и полезные модели, свидетельством о регистрации программы для ЭВМ.

Практическую значимость работы составляют:

- программно-реализованный с использованием свободного программного обеспечения разработанный алгоритм расчета теплопереноса и распространения вредных веществ в производственных цехах обувных предприятий;
- программно-реализованный с использованием свободного программного обеспечения разработанный алгоритм расчета теплопереноса и распространения вредных веществ в приземном слое атмосферы с учетом рельефа местности и характера застройки;
- инструмент для определения динамики изменения параметров микроклимата и качества воздуха рабочей зоны на всех этапах жизненного цикла предприятия (проектирование, эксплуатация, реконструкция) в любой пространственной точке помещения и в любой момент времени;
- инструмент для определения пространственных границ и динамики изменения локальных зон с параметрами, не соответствующими нормативным требованиям (температура, концентрации загрязняющих веществ);
- способ оценки эффективности работы вентиляционных систем на основе концепции локального среднего «возраста» воздуха, характеризующего средний срок пребывания воздуха в рассматриваемой зоне, в течение которого в нем накапливались загрязняющие вещества;
- новый эколого-экономический критерий оценки негативного воздействия промышленного предприятия на атмосферный воздух, базирующийся на понятии

«условно чистого ресурса» (воды, воздуха), и позволяющий на основе существующей системы экологического нормирования, значительно упростить систему экологических платежей, с учетом региональных особенностей, таких как фоновое загрязнение атмосферного воздуха и наличие особо охраняемых территорий или зон отдыха. Также новый критерий может являться основой для выбора наилучших доступных технологий (НДТ) и использоваться как параметр для оценки углеродного следа.

Достоверность результатов и проведенных исследований подтверждается согласованностью аналитических и экспериментальных результатов, применением современных методов и средств исследования, апробацией основных положений диссертации в научной периодической печати и на конференциях, а также полученными патентами, актами внедрения и производственной апробации.

Личный вклад соискателя состоит в общей постановке задачи, выборе методов и направления исследования, в разработке математических моделей, проведении вычислительных экспериментов, в обработке и анализе их результатов, выполнении научных экспериментов, обработке и интерпретации экспериментальных данных. При непосредственном участии соискателя и под его руководством выполнены все исследования в лабораторных и промышленных условиях, подготовлены публикации по результатам исследований.

Положения, выносимые на защиту:

- научно-практические основы разработки методов оценки и моделирования воздействия технологических процессов обувных предприятий на производственный персонал и окружающую среду;
- комплексная многомасштабная математическая модель нестационарного тепломассопереноса для оценки воздействия технологических процессов производства обуви как на производственный персонал, так и окружающую среду, включающая в себя математические модели процессов тепломассопереноса на

уровне технологической операции, производственного участка, цеха, предприятия в целом и в окружающей предприятие среде, которые учитывают тепловыделения от человека и оборудования, мощность работы систем общеобменной и местной вентиляции, используемые в производственном процессе основные и вспомогательные материалы, а также рельеф местности и характер застройки близлежащей территории;

- новый эколого-экономический критерий оценки негативного воздействия промышленного предприятия на атмосферный воздух.

Апробация и внедрение результатов исследования.

Теоретические положения, практические рекомендации и выводы представлялись и обсуждались в 2014–2021 гг. на:

Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ)», Москва, РГУ им. А. Н. Косыгина (Московский государственный университет дизайна и технологии) 2014–2021 гг.;

Первых Международных Лыковских научных чтениях, посвящённых 105-летию академика А. В. Лыкова «Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе», Москва, Московский государственный университет дизайна и технологии, 2015;

Международной научно-технической конференции, посвящённой 105-летию со дня рождения А. Н. Плановского «Повышение эффективности процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности», Москва, Московский государственный университет дизайна и технологии, 2016;

Международной научно-практической конференции «Переработка отходов текстильной и легкой промышленности: теория и практика», Витебск, Витебский государственный технологический университет, 2016;

III Российской конференции с международным участием «Актуальные научные и научно-технические проблемы обеспечения химической безопасности России», Киров, Международный центр научно-исследовательских проектов, 2016;

Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых «Наука молодых – будущее России», Курск, 2018;

IV международная конференция «Актуальные научные и научно-технические проблемы обеспечения химической безопасности», Москва, ИХФ им. Н. Н. Семенова РАН, 2018;

Международном научно-техническом симпозиуме «Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и оборудование» «Вторые международные Косыгинские чтения, приуроченные к 100-летию РГУ имени А. Н. Косыгина» «Современные задачи инженерных наук», Москва, РГУ им. А. Н. Косыгина, 2019;

Международной научно-практической заочной конференции «Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий», Москва, РГУ им. А. Н. Косыгина, 2020;

XII Международной научно-технической конференции, посвященной 25-летию кафедры технологии материалов и транспорта «Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ - 2020)», Курск, Юго-Западный государственный университет, 2020

III Международном Косыгинском Форуме «Современные задачи инженерных наук», МНТС «Повышение энергоресурсоэффективности и экологической безопасности процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности», посвященный 110-летию А. Н. Плановского, Москва, РГУ им. А. Н. Косыгина, 2021 и других.

Теоретические и прикладные исследования осуществлялись автором в рамках научно-исследовательских работ в период с 2001 по 2021 гг. в Московском государственном университете дизайна и технологии и РГУ им. А. Н. Косыгина:

1. Развитие научных основ конструирования и технологии производства швейных изделий и изделий из кожи с применением информационных систем и новых материалов. (4.8. Разработка системы информационно-справочной поддержки деятельности обувных предприятий в области промышленной и экологической безопасности) 2001–2005 гг.

2. Комплексный подход к решению проблемы экологической безопасности производства материалов и изделий легкой промышленности (4.2. Исследование объемно-планировочных решений с учетом распространения вредных веществ производств легкой промышленности и разработка рекомендаций по обеспечению безопасности персонала при нормальном режиме работы и в чрезвычайных ситуациях) 2006–2009 гг

3. Экологическая безопасность производства материалов и изделий легкой промышленности (6.2. Разработка систем инженерно-экологического обеспечения обувного и кожгалантерейного производств, расположенных в быстровозводимых зданиях из легких строительных конструкций) 2009–2013 гг.

4. Экологическая безопасность технологических процессов, производств, изделий текстильной и легкой промышленности (6.2. Оценка и моделирование основных гигиенических факторов труда производственного персонала предприятий легкой промышленности) 2014–2018 гг.

5. Моделирование и проектирование технологических процессов, обеспечивающих энерго- и ресурсосбережение (2.11. Разработка энергоэффективных экологически безопасных промышленных технологий) 2019–2021 гг.

Проведена апробация разработанных методов оценки и моделирования воздействия технологических процессов обувных предприятий на производственный персонал и окружающую среду на предприятиях: АО «Егорьевск-Обувь», АО «Донская обувь», АО «РЕАТЭКС», Министерство экологии и природопользования Московской области, которая показала эффективность и надежность предложенной оценки и прогнозирования параметров микроклимата и качества воздуха.

Материалы диссертации используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина» бакалаврами и магистрами по направлениям подготовки: 29.03.01 Технология изделий легкой промышленности; 20.03.01 (20.04.01) Техносферная безопасность в форме учебных пособий (учебников).

Публикации. Основные теоретические и прикладные результаты диссертационного исследования опубликованы в 70 научных трудах, в том числе 25 в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 6 патентов на изобретения и полезные модели, 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Отдельные положения и результаты диссертационного исследования нашли отражение в 3 учебных пособиях (учебниках), 5 отчетах по НИР, в материалах 28 конференций и двух статьях в других научных изданиях.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов по главам и работе в целом, библиографического списка и приложений. Работа изложена на 352 страницах машинописного текста, содержит 129 рисунков и 40 таблиц. Список литературы включает 320 библиографических и электронных источников. Приложения представлены на 65 страницах.

ГЛАВА I. ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПЕРСОНАЛ И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

1.1. Анализ взаимодействия в системе «Промышленное предприятие – Персонал (человек) – Окружающая среда»

Нормативная база современных санитарно-гигиенических и технологических требований основывается на Конституции Российской Федерации [1] и ряде федеральных законов и кодексов, в частности на Трудовом кодексе Российской Федерации [2], Федеральном законе «Об охране окружающей среды» [3], Федеральном законе «Об охране атмосферного воздуха» [4], Градостроительном кодексе Российской Федерации [5] и некоторых других.

Исследуя вопросы взаимодействия в системе «Промышленное предприятие – Персонал (человек) – Окружающая среда» многие авторы [6–9] рассматривают систему «Промышленное предприятие – Окружающая среда» исключая из рассмотрения Человека (Персонал).

Проанализируем систему «Промышленное предприятие – Персонал (человек) – Окружающая среда» с точки зрения движения в ней потоков вещества, энергии и информации, не разделяя эти потоки на этой стадии исследования (рисунок 1.1). Финансовые потоки в данной схеме взаимодействия не рассматриваются, но учитываются как «обобщенный» критерий эффективности деятельности предприятия.

Современное предприятие должно обеспечивать многообразие ассортимента выпускаемой продукции с максимальным использованием производственных площадей, имеющегося технологического оборудования, организовать безопасные условия труда производственного персонала и минимизировать воздействие на окружающую среду.



Рисунок 1.1 – Взаимодействие в системе «Промышленное предприятие – Персонал (человек) – Окружающая среда»

Для выпуска продукции предприятию необходим доступ к различным ресурсам: материальным (сырье, материалы, оборудование и комплектующие, вода, воздух и другие), энергетическим (топливо, тепловая и электрическая энергия) и трудовым (квалифицированные кадры). Изготовление продукции сопровождается воздействием на окружающую среду и производственный персонал. Интенсивность воздействия на окружающую среду будет выражаться образованием разного рода отходов, материальных и энергетических. К материальным отходам можно отнести выбросы в воздушную среду, образование сточных вод, различного происхождения (производственных, хозяйственно-бытовых и ливневых и талых вод) и образование твердых отходов – промышленных и коммунальных. К энергетическим загрязнениям (выбросам), как правило, относят тепловые выбросы, шум, ультра- и инфразвук, вибрации, электромагнитные поля и излучения, ионизирующее излучение и другие.

Для контроля за содержанием в воздухе рабочей зоны химических веществ и нормирования его качества устанавливают два вида предельно допустимых концентраций (ПДК): максимальные разовые ПДК и среднесменные ПДК. Максимальные разовые ПДК разработаны и установлены практически для всех

химических веществ, используемых в промышленности. Среднесменные ПДК, как правило, устанавливаются для химических веществ, обладающих свойством накапливаться, аккумулироваться в организме, и поэтому являющимися наиболее опасными при длительном воздействии даже небольших концентраций. Максимальные разовые концентрации используются для санитарно-гигиенической оценки технологии производства: оборудования, используемого сырья и материалов, эффективности систем вентиляции, т.е. для выявления неблагоприятных, с точки зрения загрязнения воздуха, ситуаций, а также для разработки мероприятий по их устранению. Тогда как среднесменные концентрации используются для определения дозы, поглощённой работающими.

Конкретные величины ПДК и ОБУВ загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны установлены в [10]. В настоящее время ПДК загрязняющих воздух рабочей зоны веществ разработаны для 2484 их наименований, а ОБУВ — для 601.

Интенсивность воздействия на производственный персонал определяется практически теми же факторами, за исключением образующихся сточных вод и твердых отходов, т.е. факторами, характеризующими материальное и энергетическое загрязнение воздушной среды. Дополнительными факторами, определяющими интенсивность негативного воздействия на производственный персонал, являются психофизиологические факторы, и прежде всего, тяжесть и напряженность труда.

Качественные показатели материального загрязнения воздушной среды, виды химических веществ и соединений, пары, газы и аэрозоли, зависят от того, какое сырье, материалы и топливо используются в процессе производства, а количественные показатели загрязнения определяются уровнем технологий и оборудования, применяемых на предприятии.

В общем виде негативное воздействие E на объект (производственный персонал; окружающая среда) в любой точке пространства с координатами x , y и z определяется по уравнению (1.1) и зависит от его интенсивности I в этой точке пространства и длительности воздействия τ [11–13]:

$$E(x, y, z) = f(I, \tau) \quad (1.1)$$

Таким образом, негативное воздействие на объект (производственный персонал; окружающая среда) зависит от технологий и оборудования, которые применяются на предприятии, а также сырья и материалов, используемых в производстве, и режима работы оборудования.

Непосредственно на человека воздействуют потоки энергии ($I_{\text{Э}}$) и информации ($I_{\text{И}}$). Практически всегда через изменение концентрации в жизненном пространстве на человека воздействуют потоки веществ ($I_{\text{В}}$).

В гигиенической науке принято обозначать уровни интенсивности факторов, при выходе за которые проявляется их вредность и опасность, как предельно допустимые уровни (ПДУ). Для многих факторов устанавливается только предельно допустимая интенсивность их действия. В этих случаях исходят из такой дозировки, при соблюдении которой у работающих не должно возникать нарушений здоровья, определяемых существующими методами исследования, на всем протяжении трудового стажа и при постоянном воздействии данного фактора в течение 41 ч каждой рабочей недели.

Для некоторых факторов предусматривается допущение большей интенсивности, если одновременно сокращается продолжительность их действия на протяжении каждого рабочего дня. Такие нормативы предусмотрены, например, для производственного шума. Для химических веществ принято выражать ПДУ по значению их допустимых концентраций в окружающей воздушной (или водной) среде, которые обозначают как предельно допустимые концентрации (ПДК).

По характеру воздействия на человека производственные факторы могут быть разделены на две группы. Одна включает факторы, которые в зависимости от дозировки могут быть или вредны и опасны, или индифферентны, но не нужны для жизни и деятельности человека. Другая группа становится вредной и опасной при выходе за ПДУ, может быть индифферентной при некоторых дозировках в пределах ПДУ, но в некотором диапазоне в тех же пределах оказывается полезной или даже необходимой — оптимальной для человека. Для этой группы факторов могут быть определены две предельно допустимые границы, выше и ниже этого

оптимума. Между тем, для факторов первой группы оптимальным следует признать полное исключение их воздействия на человека или хотя бы возможную его минимизацию. К первой группе относятся, например, многие химические вещества, вырабатываемые в виде основных продуктов или являющиеся отходами производства. Примером фактора второй группы является температура окружающей среды. Вредными и опасными становятся и слишком высокие и слишком низкие температуры, а оптимальным оказывается некоторый средний диапазон, обеспечивающий тепловой комфорт [14].

При характеристике ряда вредных и опасных производственных факторов выделяют так называемые опасные зоны, то есть участки пространства, элементы оборудования или места на производственной территории, нахождение на которых или прикосновение к которым создает вред или опасность для работающего. Иногда опасной зоной оказывается вся территория производства. Вредные и опасные факторы могут возникать в течение всего времени работы производства (и даже некоторое время после его остановки) или могут действовать на работающих только в некоторые, определенные промежутки времени, например, в определенные моменты производственных операций (выброс вредных химических веществ, опускание поршня прессы и т.п.) [15].

Организм человека, работающего на предприятии, ежедневно в процессе производства, контактируя с опасными и вредными производственными факторами, получает определенное негативное воздействие, которое может быть охарактеризовано воздействующей дозой. В данном случае под воздействующей дозой понимается количество химического вещества находящегося в контакте с первичными обменными барьерами тела (например, кожа, жидкости организма, легкие, желудочно-кишечный тракт) и являющейся мерой экспозиции не учитывающей величину абсорбции [16].

Такое воздействие продолжается на протяжении всего срока трудовой деятельности.

Значения потенциальных доз, как правило, усредняются с учетом массы тела и времени воздействия. Такая доза носит название средней суточной

потенциальной дозы (ADD_{pot}) или средней суточной дозы (ADD). В данном случае под понятием «потенциальная доза» (поступление I) понимают количество вещества, содержащееся в потребляемом объеме какой-либо среды, например, во вдыхаемом воздухе.

Стандартное уравнение для расчета ADD или поступления (I) имеет следующий вид:

$$ADD(I) = ((C * CR * ED * EF) / (BW * AT * 365)) \quad (1.2)$$

где:

ADD - средняя суточная доза или поступление (I), мг/(кг * день);

C – концентрация вещества в загрязненной среде, мг/л, мг/м³, мг/кг;

CR – скорость поступления, л/день, м³/день;

ED – продолжительность воздействия, лет;

EF – частота воздействия, дней/год;

BW – масса тела человека, кг;

AT – период усреднения экспозиции, лет;

365 – число дней в году.

Необходимо учитывать, что при наличии данных о неравномерности ингаляционного воздействия в течение суток (смены) расчет дозы необходимо проводить с учетом времени пребывания в i -той микросреде (микрореконструкции), концентрации вещества в этой микросреде и скорости ингаляции, зависящей от степени тяжести конкретного вида деятельности.

Расчет сменной дозы воздействия химических веществ, в частности ингаляционного воздействия можно осуществить по формуле (1.3), модернизировав соответствующую формулу из [16]:

$$I = ((C_a * T_{out} * V_{out}) + (C_h * T_{in} * V_{in})) / BW \quad (1.3)$$

где:

I – величина поступления, мг/кг-смена;

C_a – концентрация вещества в атмосферном воздухе на территории промплощадки предприятия, мг/м³;

T_{out} – время, проводимое вне помещения, час/смена;

V_{out} - скорость дыхания вне помещения, м³/час;

C_h - концентрация вещества в воздухе рабочей зоны предприятия, мг/м³;

T_{in} – время, проводимое внутри помещения, час/смена

V_{in} - скорость дыхания внутри помещения, м³/час;

BW - масса тела, кг.

В более общем виде формулы (1.2) и (1.3) можно записать следующим образом (1.4):

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i * T_i * V_i) * EF * DW}{BW * AT * 365} \quad (1.4)$$

Для точного определения величины поступления (или дозы) необходимо точно знать значительное число параметров, которые зависят от характера трудовой деятельности. Так например, скорость дыхания будет определяться исходя из тяжести и напряженности труда конкретного работника и параметров микроклимата на рабочем месте, а концентрации загрязняющих (вредных) веществ, как было отмечено выше, зависят от того какое сырье, материалы и топливо используются в процессе производства. Количественные показатели загрязнения будут определяться уровнем технологий и оборудования, применяемых на предприятии, взаимным расположением источников выделения загрязняющих и конкретного рабочего места, а также эффективностью работы систем вентиляции.

Таким образом для оценки взаимодействия в системе «Промышленное предприятие – Персонал (человек) – Окружающая среда», в том числе оценки воздействия технологических процессов на производственный персонал и окружающую среду, необходим комплексный подход с использованием многомасштабного моделирования, включающего в себя моделирование конкретного технологического оборудования, технологической операции, производственного участка, цеха, предприятия в целом и окружающей среды, на основе единых потоков вещества, энергии и информации, действующих в этой системе.

1.2. Санитарно-гигиенические требования к микроклимату производственных помещений

Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [10], определяет предельно допустимые уровни физических факторов (за исключением ионизирующего излучения) на рабочих местах. В п. 25 раздела V [10] определены показатели, микроклимата на рабочих местах в производственных помещениях, к которым относятся:

- а) температура воздуха;
- б) температура поверхностей ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), устройств, а также технологического оборудования или ограждающих его устройств;
- в) относительная влажность воздуха;
- г) скорость движения воздуха;
- д) интенсивность теплового облучения.

Допустимые величины параметров микроклимата [10] на рабочих местах в помещениях оцениваются в зависимости от категории работ по уровню энергозатрат организма.

При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах:

- а) перепад температуры воздуха по высоте от уровня пола (0,1; 1,0; 1,5) м должен быть не более 3°C;
- б) перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать: для категорий работ Ia и Ib - 4°C; для категорий работ IIa и IIб - 5°C; для категории работ III - 6°C.

При температуре воздуха на рабочих местах $t_{в}$ 25°C и выше максимально допустимые величины относительной влажности воздуха [10] не должны выходить за пределы:

70% — при $t_b = 25^\circ\text{C}$;

65% — при $t_b = 26^\circ\text{C}$;

60% — при $t_b = 27^\circ\text{C}$;

55% — при $t_b = 28^\circ\text{C}$.

При температуре воздуха $26\text{--}28^\circ\text{C}$ скорость движения воздуха [10] для теплого периода года должна соответствовать диапазонам:

0,1–0,2 м/с — для категории работ Ia;

0,1–0,3 м/с — для категории работ Ib;

0,2–0,4 м/с — для категории работ IIa;

0,2–0,5 м/с — для категорий работ IIб и III.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих [10] от источников излучения, нагретых до температуры более 600°C (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя), не должны превышать 140 Вт/м^2 . При этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела с обязательным использованием средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

При этом значения температуры воздуха не должны выходить за пределы величин, указанных в [10] для отдельных категорий работ.

Процесс теплообмена между организмом и внешней средой состоит из переноса тепла от внутренних областей тела к поверхностному слою и переноса тепла от поверхности тела в окружающее пространство. Под температурой тела человека физиологи понимают температуру внутренних органов и тканей (печени, мозга, желудка, легких, проксимального отдела прямой кишки), т. е. глубоких тканей организма. В литературе часто эту температуру называют температурой «ядра» [17, 18]. Экспериментально установлено [18], что при нормальных условиях внешней среды температура тела (температура внутренних органов) колеблется в пределах ($37,1\text{--}37,3^\circ\text{C}$). Тепло отдается в окружающее пространство поверхностью тела в соответствии с физическими законами распространения тепловых потоков.

Температура кожи человека, находящегося даже в состоянии теплового комфорта, значительно различается на разных участках поверхности тела.

Согласно экспериментальным данным [18], наилучшим образом представление о тепловом состоянии организма дает так называемая средневзвешенная температура кожи (СВТК), ее значения приведены в таблице 1.1. СВТК рассчитывается следующим образом [18]:

$$\text{СВТК} = \frac{t_1 S_1 + t_2 S_2 + \dots + t_n S_n}{S} \quad (1.5)$$

где n — число участков (точек) измерения температуры;

t_n — температура n -го участка тела;

S_n — площадь n -го участка поверхности тела с температурой t_n .

Приведенные данные получены путем опроса испытуемых, измерений температуры кожи и расчета СВТК при изменении температуры окружающего воздуха. Зависимость температуры кожи от термических условий среды определяет корреляционную связь с теплоощущениями, что позволяет считать СВТК одним из информационных показателей теплового состояния. Совокупность физиологических процессов, поддерживающих температуру тела, называется терморегуляцией.

Таблица 1.1 — Теплоощущения, средневзвешенная температура кожи и влагопотери организма человека при относительном покое

Теплоощущения	СВТК, °С	Потери влаги, г/ч
Очень жарко	$\geq 36,0$	500–2000, значительная часть пота стекает
Жарко	$36,0 \pm 0,6$	250–500, значительная часть пота стекает
Тепло	$34,9 \pm 0,7$	60–250, пот не стекает
Комфортно	$33,2 \pm 1,0$	50 ± 10 , пот не выделяется
Прохладно	$31,1 \pm 1,0$	40, пот не выделяется
Холодно	$29,1 \pm 1,0$	Влагопотери как показатель
Очень холодно	$(27,9 \pm 1,5)$	теплоощущений нехарактерны

На раннем этапе исследований усилия исследователей были направлены на поиски некоего всеобъемлющего показателя, который бы определялся параметрами микроклимата и наилучшим образом коррелировал с тепловыми ощущениями. Например, в качестве такого параметра до сих пор рассматривается так называемая «эффективная температура», полученная на основе статистической обработки. Опытным путем [19] было показано, что комфортные теплоощущения наблюдаются при эффективной температуре 17–21°C зимой и 19–24°C летом; при этом относительная влажность воздуха должна лежать в пределах 30–70 %. Эти экспериментальные данные были использованы при разработке строительных и санитарных норм.

До сих пор рассматривалось физиологическое воздействие на человека только одного фактора микроклимата — температуры. И это не случайно, т. к. функции различных систем организма направлены на поддержание температуры ядра тела на определенном уровне.

Скорость движения воздуха влияет на теплоощущения человека, облегчая (или усугубляя) процесс теплоотдачи путем конвекции. Одним из защитных мероприятий в цехах с нагревающим микроклиматом является обдувание прохладным воздухом. В условиях охлаждающего микроклимата движение ветра, увеличивая эффективность конвекционного способа теплоотдачи, усиливает охлаждение организма.

Роль влажности воздуха более значительна. Эффективность дыхания зависит от влажности вдыхаемого воздуха. В совершенно сухом воздухе испарение происходит эффективно, и человек может выдержать температуру до 65,6°C в течение нескольких часов. Если влажность воздуха равна 100%, внутренняя температура тела начинает повышаться уже при температуре окружающей среды около 34,4°C [18, 19].

Для оценки возможного воздействия инфракрасного излучения на работающих важное значение имеет интенсивность излучения. Инфракрасное излучение оказывает общее и местное воздействие на организм человека. Общая реакция на облучение проявляется в повышении температуры кожи не только на

облучаемой поверхности, но и на отдаленных от места облучения участках. Чем мощнее излучение, тем быстрее наступает максимум температуры на облучаемом участке кожи. При одной и той же интенсивности излучения температура кожи повышается тем меньше, чем короче длина волны. При облучении коротковолновыми инфракрасными лучами, проникающими в глуболежащие ткани, наблюдается также повышение температуры легких, головного мозга, почек, желез, мышц [18].

Из представленного следует, что температура человека на различных участках тела различна и зависит от приведенных выше микроклиматических показателей. Одним из показателей, характеризующих тепловое состояние, является СВТК. Для расчета СВТК требуется определение температуры на рабочих местах и знание характера трудового процесса.

Рассмотрим наиболее общую схему теплового взаимодействия человека внутри производственного здания. Помещение здания изолировано от внешней среды ограждающими конструкциями, что позволяет создать в нем определенный микроклимат. Наружные ограждения защищают помещение от атмосферных воздействий, а системы отопления, вентиляции поддерживают заданные микроклиматические параметры внутренней среды (рисунок 1.2). Подача тепла внутри помещения осуществляется за счет нагревающих элементов отопления (1), подачи воздуха через приточные каналы воздуховодов (2) и работы производственного оборудования (3).

При эксплуатации зданий определяющим является тепловой режим помещений, от которого зависит ощущение теплового комфорта людей, нормальное протекание производственных процессов, состояние и долговечность конструкций здания и оборудования. Тепловая обстановка в помещении определяется совместным действием ряда факторов: температуры, подвижности и влажности воздуха, наличием струйных течений, распределением параметров воздуха в плане и по высоте помещения, а также радиационным излучением окружающих поверхностей.

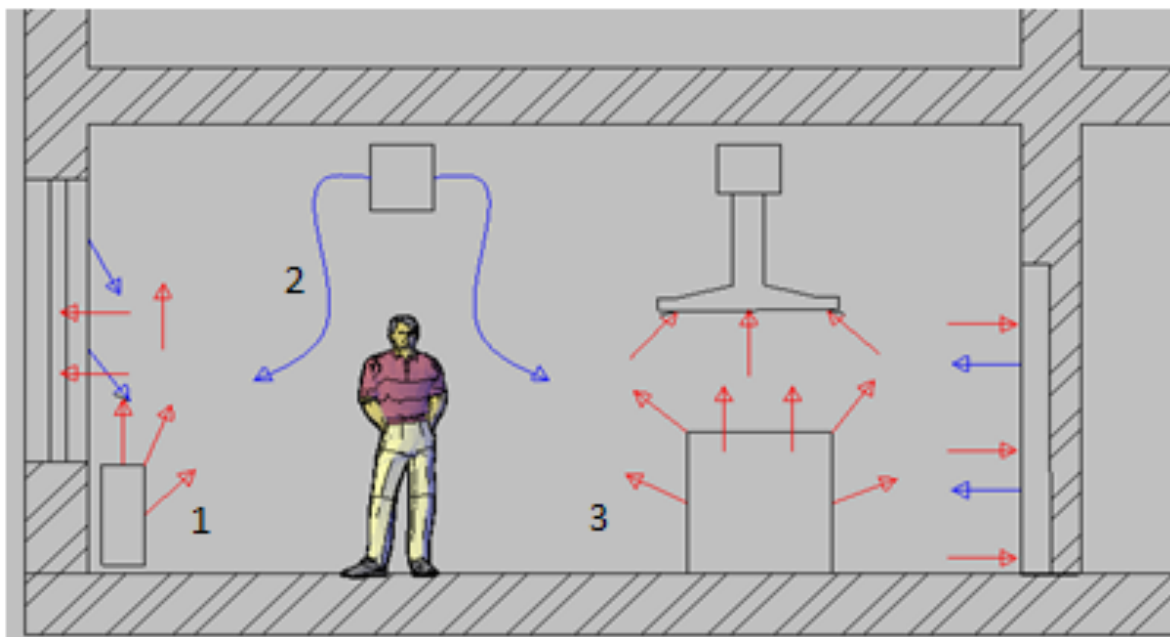


Рисунок 1.2 — Схема теплообмена на рабочем месте (синяя стрелка - приток холодного воздуха, красная - теплого).

Тепловой баланс любой поверхности, в помещении в стационарных и нестационарных условиях может быть представлен на основе закона сохранения энергии, уравнением теплового баланса:

$$Q_{\text{б}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{к}} + Q_{\text{т}} \quad (1.6)$$

Лучистая $Q_{\text{л}}$, конвективная $Q_{\text{к}}$ и кондуктивная (теплопроводностью) $Q_{\text{т}}$ составляющие теплообмена на поверхностях в помещении могут изменяться во времени, иметь различную величину и знак.

Процесс теплообмена между организмом человека и производственной средой может быть обобщённо представлен схемой (рисунок 1.3). Все, что относится к изменению состояния организма, заключено в левый прямоугольник, что относится к воздействиям от производственной среды сосредоточено в правом прямоугольнике. На границе между этими двумя системами действуют процессы теплообмена.

Согласно схеме (рисунок 1.3), процессы жизнедеятельности человека сопровождаются непрерывным теплообразованием и отдачей тепла, образующегося в организме человека, в окружающую среду.



Рисунок 1.3 — Схема теплообмена между организмом человека и микроклиматической производственной средой

Теплоотдача с поверхности тела осуществляется за счет теплопроводности, конвекции, лучистого теплообмена и массообмена, который выражается испарением влаги при дыхании и потоотделением. Так, у человека в условиях температурного комфорта, при 20°C температуры воздуха и относительной влажности 40–60 %, излучением отводится 62 Вт, проведением – 30,2 Вт и испарением – 26,7 Вт [19]. Это важное соотношение, которое всегда следует иметь в виду как основу теплообмена.

Соотношение различных путей отдачи тепла (рисунок 1.4) при температуре среды 20°C, по данным [17, 20, 21], в состоянии относительного покоя характеризуется следующим (%): конвекция – 31; радиация – 43,74; испарение – 21,71; нагревание пищи — 1,55; нагревание воздуха в легких –1,3.

Общее количество тепла, отдаваемое человеком в окружающую среду в течение одного часа Q (Вт/ч), в общем виде может быть определено как сумма следующих отдельных видов теплоотдачи: кондукцией (Q_1), конвекцией (Q_2), излучением (Q_3), испарением пота (Q_4), нагреванием воздуха при дыхании (Q_5).

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (1.7)$$

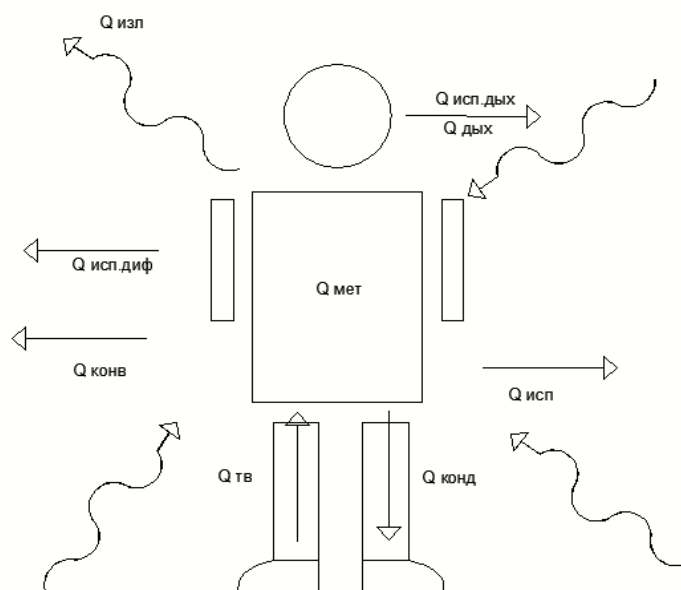


Рисунок 1.4 — Тепловой баланс человека

На теплообмен в помещении существенно влияют происходящие в нем аэродинамические процессы, возникающие под действием неизотермических струй. Вентиляционные и тепловые струи взаимодействуют между собой, с ограждениями и предметами в помещении. В результате этого взаимодействия в объеме помещения возникает циркуляция воздуха, формируются определенные скоростные и температурные поля.

1.3. Факторы, влияющие на формирование микроклимата производственных помещений

Параметры микроклимата в помещении формируются в результате воздействия на него наружной среды, технологических процессов в помещении и систем отопления, вентиляции или кондиционирования воздуха (рисунок 1.5). Наружная среда оказывает влияние на тепловые параметры микроклимата за счет теплопередачи, влагопередачи и воздухопроницаемости ограждающих конструкций, а также в результате перемещения потоков воздуха и теплообмена между помещениями.

Технологические процессы, сопровождающиеся выделением потоков тепла, влаги, загрязняющих веществ, как твердых, так и жидких и газообразных, осуществляются непосредственно в помещении и оказывают прямое воздействие

на тепловые параметры и состав воздуха. Поскольку в большинстве производств технологический процесс осуществляется людьми, в таких помещениях необходимо поддерживать комфортные технологические условия.

Технологический процесс производства играет особенно значимую роль в формировании микроклимата. В свою очередь, эффективное протекание технологического процесса в ряде современных производств невозможно без поддержания параметров внутренней среды в определенных границах. В этом случае говорят о технологических параметрах внутренней среды.

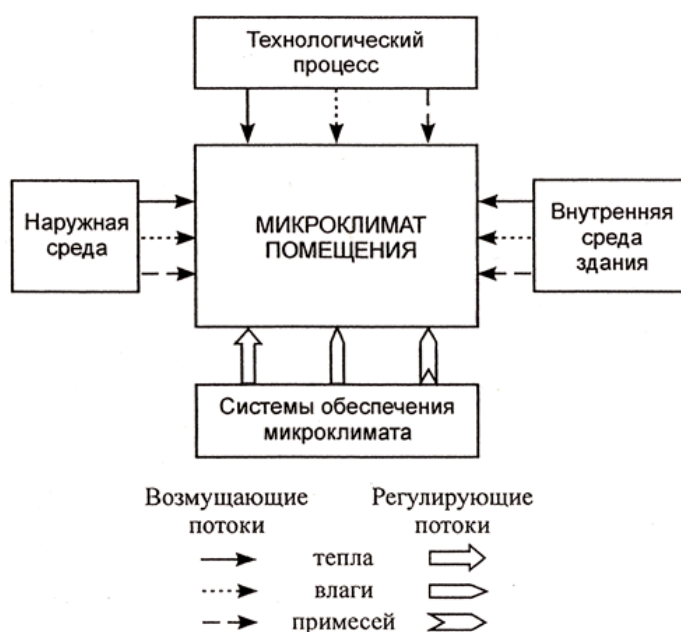


Рисунок 1.5 — Структурная схема формирования микроклимата

Следует иметь в виду, что в большинстве обувных производств технологический процесс осуществляется людьми. Поэтому более правильно говорить о необходимости обеспечения комфортно–технологических условий в производственных помещениях (за исключением закрытых технологических линий, в которых не требуется участие человека).

Создание и поддержание в помещениях необходимого теплового и воздушного микроклимата для нормальной жизни и деятельности людей в современных зданиях осуществляется системами инженерного оборудования: отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Системы отопления предназначены для возмещения в холодный период года тепловых потерь помещения и поддержания в нем на заданном уровне температуры, отвечающей условиям теплового комфорта для находящихся в помещении людей, а также (при необходимости) требованиям технологического процесса. В тесной связи с тепловым режимом помещений находится воздушный режим, под которым понимают процесс обмена воздухом между помещениями и наружным воздухом.

Системы вентиляции предназначены для обеспечения обмена воздуха в помещении и поддержания в нем благоприятной для самочувствия и здоровья человека, а также технологического процесса, сохранности строительных конструкций, оборудования и материалов, чистоты, температуры, влажности и подвижности воздуха. Система вентиляции состоит из устройств для нагревания, увлажнения и осушения приточного воздуха.

Системы кондиционирования воздуха служат для создания и автоматического поддержания на определенном уровне улучшенных параметров микроклимата помещения, т. е. заданных параметров воздуха: температуры, влажности и чистоты при допустимой скорости движения воздуха в помещении независимо от изменяющихся наружных метеорологических условий и переменных во времени вредных выделений в помещениях. Они состоят из устройств термовлажностной обработки воздуха, очистки его от пыли, биологических загрязнений и запахов, перемещения и распределения воздуха в помещении, автоматического управления оборудованием и аппаратурой.

Для более подробного и точного описания процессов тепломассопереноса в цехе сборки обуви, необходимо оценить и учесть потоки всех вредных выделений, и прежде всего, потоки всех тепло- и влаговыделений.

Разность теплопоступлений в помещение и теплопотерь помещения называется теплоизбытками (если разность больше нуля) или теплонедостатками (если разность отрицательна). В вентилируемых помещениях, как правило, даже в холодный период года (при работающем отоплении) имеют место теплоизбытки.

Теплопоступления в вентилируемые помещения производственных зданий складываются в основном из следующих потоков тепла от:

- людей;
- солнечной радиации (в теплый и переходный периоды года);
- искусственного освещения;
- работающих нагревательных приборов систем отопления (в холодный и переходный периоды года);
- технологического оборудования, расположенного в помещении;
- других источников тепла (нагретых поверхностей оборудования, горячей воды и пр.);
- поступающего в воздух помещения водяного пара (скрытое тепло).

Теплопотери вентилируемого помещения складываются из потерь тепла:

- через наружные ограждения (при расчетных вентиляционных температурных условиях внутри и снаружи помещения);
- на нагрев:
 - инфильтрующегося через наружные ограждения воздуха (главным образом, через окна);
 - ввозимого материала и въезжающих в помещение средств транспорта (внутри цеховой транспорт и т.д.);
 - воздуха, врывающегося в помещение через периодически открываемые наружные двери и ворота.

Теплопоступления от людей определяют по таблицам или графикам, приведенным в [22–26] с учетом температуры внутреннего воздуха в помещении и интенсивности физической нагрузки людей.

В таблице 1.2 приведены данные о тепловыделениях взрослого мужчины в легкой одежде при различных температурах воздуха в помещении и различной категории работы. Теплопоступления от женщин считаются равными 85 % от величины, указанной в таблице 1.2. Теплопоступления от людей в верхней одежде рассчитываются с коэффициентом 0,75.

Следует суммировать тепlopоступления от людей, занятых трудовой деятельностью различных категорий и находящихся в одном помещении.

Таблица 1.2 — Количество теплоты и влаги, выделяемых взрослым человеком

Температура воздуха в помещении, °C, t_b	Количество теплоты, Вт			Количество влаги, г/ч, m
	явной, $q_{я}$	скрытой, $q_{скр}$	полной, $q_{п}$	
Состояние покоя				
15	120	25	145	30
20	90	30	120	40
25	60	35	95	50
30	40	55	95	75
35	10	85	95	115
Легкая работа				
15	120	40	160	55
20	100	50	150	75
25	65	80	145	115
30	40	105	145	150
35	5	140	145	200
Работа средней тяжести				
15	135	75	210	110
20	105	100	205	140
25	70	130	200	185
30	40	160	200	230
35	5	195	200	280

Тепlopоступления от источников искусственного освещения зависят от принятого уровня освещенности помещения и удельного тепловыделения установленных светильников.

Вся затраченная на освещение энергия переходит в теплоту.

Количество тепла, выделяемое источниками искусственного освещения, определяют по электрической мощности светильников.

Максимальные *телопоступления от солнечной радиации* через окна, фонари, витражи, остекленные части балконных и входных дверей в здание, происходят в периоды максимального солнечного облучения наружной поверхности соответствующего ограждения. Эти поступления теплоты складываются из тепла солнечной радиации, непосредственно прошедшей через остекленную часть конструкции ограждения, и из теплового потока за счет теплопередачи через заполнения. Теплопоступления от солнечной радиации через стены не учитываются.

Телопоступления от нагревательных приборов, установленных в помещении, определяют в зависимости от температуры воздуха в помещении и средней температуры теплоносителя в нагревательных приборах.

Телопоступления от электрического оборудования определяются по общей электрической мощности оборудования с учетом его загрузки, эффективности работы местных отсосов, установленных над оборудованием, и одновременности работы оборудования.

В производственных цехах дополнительно учитывают тепловыделения от нагретых поверхностей технологического оборудования и поступления скрытого тепла с водяным паром.

Источниками *влагопоступлений* в помещении являются люди, технологическое оборудование и т.д. В некоторых помещениях (души, прачечные и пр.) влаговыведение происходит со смоченных поверхностей ограждающих конструкций и оборудования.

Влаговыведения от людей определяются с учетом интенсивности физической нагрузки (таблица 1.2).

1.4. Организация воздухообмена и определение нормативных параметров и расхода приточного воздуха

Расчет расхода и температуры приточного воздуха в центральных системах вентиляции и кондиционирования определяется по Приложению И Свода правил СП 60.13330.2020 «СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [22]

Так расход приточного воздуха L , м³/ч, для системы вентиляции и кондиционирования следует определять расчетом [22] и принимать большим из расходов, требуемых для обеспечения:

- санитарно-гигиенических норм;
- норм взрывопожарной безопасности;
- условий, исключающих образование конденсата.

Расход воздуха следует определять отдельно для теплого и холодного периодов года и переходных условий из условия ассимиляции тепло- и влаговывделений и по массе выделяющихся вредных или взрывоопасных веществ, принимая большую из величин.

Определение необходимого воздухообмена по избыткам явной теплоты [22] при значении углового коэффициента луча процесса в помещении $\varepsilon \geq 40\,000$ кДж/кг:

$$L = L_{w,z} + \frac{3.6Q - cL_{w,z}(t_{w,z} - t_{in})}{c(t_l - t_{in})} \quad (1.8)$$

Для помещений с тепло- и влаговывделениями [22] при значении углового коэффициента луча процесса в помещении $\varepsilon < 40\,000$ кДж/кг расход воздуха следует определять по формуле (1.10) или (1.11).

Тепловой поток, поступающий в помещение от прямой и рассеянной солнечной радиации, следует учитывать при устройстве:

вентиляции, в том числе с испарительным охлаждением воздуха, - для теплого периода года;

кондиционирования - для теплого и холодного периодов года и для переходных условий.

Определение необходимого воздухообмена по массе [22] выделяющихся вредных и взрывоопасных веществ:

$$L = L_{w,z} + \frac{m_{po} - L_{w,z}(q_{w,z} - q_{in})}{(q_l - q_{in})} \quad (1.9)$$

При одновременном выделении в помещение нескольких вредных веществ, обладающих эффектом суммации действия, воздухообмен следует определять, суммируя расходы воздуха, рассчитанные по каждому из этих веществ.

Определение необходимого воздухообмена по избыткам влаги (водяного пара) [22]:

$$L = L_{w,z} + \frac{W - 1,2L_{w,z}(d_{w,z} - d_{in})}{1,2(d_l - d_{in})} \quad (1.10)$$

Для помещений с избытком влаги следует проверять достаточность воздухообмена для предупреждения образования конденсата на внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций при расчетных параметрах Б наружного воздуха в холодный период года.

Определение необходимого воздухообмена по избыткам полной теплоты [22]:

$$L = L_{w,z} + \frac{3,6Q_{h,f} - 1,2L_{w,z}(I_{w,z} - I_{in})}{1,2(I_l - I_{in})} \quad (1.11)$$

Определение необходимого воздухообмена по нормируемой кратности воздухообмена [22]:

$$L = V_p n \quad (1.12)$$

Определение необходимого воздухообмена по нормируемому удельному расходу приточного воздуха [22]:

$$L = Ak \quad (1.13)$$

$$L = Nm \quad (1.14)$$

где в формулах (1.8) – (1.14):

- $L_{w,z}$ — расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, м³/ч;
- $Q, Q_{h,f}$ — избыточный явный и полный тепловой потоки в помещении, ассимилируемые воздухом центральных систем вентиляции и кондиционирования, Вт;
- c — теплоемкость воздуха, равная 1,006 кДж/(кг °С);
- $t_{w,z}$ — температура воздуха, удаляемого системами местных отсосов в обслуживаемой или рабочей зоне помещения, и на технологические нужды, °С;
- t_l — температура воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, °С;
- t_{in} — температура воздуха, подаваемого в помещение, °С;
- W — избытки влаги в помещении, ассимилируемые воздухом центральных систем вентиляции и кондиционирования, г/ч;
- $d_{w,z}$ — влагосодержание воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, г/кг;
- d_l — влагосодержание воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, г/кг;
- d_{in} — влагосодержание воздуха, подаваемого в помещение, г/кг;
- $I_{w,z}$ — удельная энтальпия воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, кДж/кг;
- I_l — удельная энтальпия воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, кДж/кг;
- I_{in} — удельная энтальпия воздуха, подаваемого в помещение, кДж/кг, определяемая с учетом повышения температуры;
- m_{po} — расход каждого из вредных или взрывоопасных веществ, поступающих в воздух помещения, мг/ч;
- $q_{w,z}, q_l$ — концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, удаляемом соответственно из обслуживаемой или рабочей зоны помещения и за их пределами, мг /м³
- q_{in} — концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, подаваемом в помещение, мг м³/
- V_p — объем помещения, м³; для помещений высотой 6 м и более следует принимать:

$$V_p = 6A$$

где A – площадь помещения, м²;

- N — число людей (посетителей), рабочих мест, единиц оборудования;
 n — нормируемая кратность воздухообмена, ч^{-1}
 k — нормируемый расход приточного воздуха на 1 м^2 пола помещения, $\text{м}^3/(\text{ч м}^2)$
 m — нормируемый удельный расход приточного воздуха на 1 чел., $\text{м}^3/\text{ч}$, на одно рабочее место, на одного посетителя или единицу оборудования.

Температуру приточного воздуха, подаваемого системами вентиляции с искусственным побуждением и кондиционирования воздуха, t_{in} , $^{\circ}\text{C}$, следует определять по формулам [22]:

- а) при необработанном наружном воздухе

$$t_{in} = t_{ext} + 0,001p \quad (1.15)$$

- б) при наружном воздухе, охлажденном циркулирующей водой по адиабатному циклу, снижающей его температуру на Δt_1 , $^{\circ}\text{C}$

$$t_{in} = t_{ext} - \Delta t_1 + 0,001p \quad (1.16)$$

- в) при необработанном наружном воздухе и местном доувлажнении воздуха в помещении, снижающем его температуру на Δt_2 , $^{\circ}\text{C}$

$$t_{in} = t_{ext} - \Delta t_2 + 0,001p \quad (1.17)$$

- г) при наружном воздухе, нагретом в воздухонагревателе, повышающем его температуру на Δt_3 , $^{\circ}\text{C}$

$$t_{in} = t_{ext} + \Delta t_3 + 0,001p \quad (1.18)$$

где в формулах (1.15) – (1.18):

- p — полное давление вентилятора, Па;
 t_{ext} — температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

Минимальные расходы наружного воздуха на одного человека [22] представлены в таблице 1.3.

Одноэтажные промышленные здания в настоящее время составляют до 70% от всего числа промышленных зданий.

Таблица 1.3 — Минимальный расход, м³ /ч, наружного воздуха на одного человека

Помещения	Расход воздуха в помещениях, м ³ /ч	
	с естественным проветриванием	без естественного проветривания
Производственные	30	60
Общественные здания административного назначения*	40	60 20**
Жилые при общей площади квартиры на одного человека: более 20 м ² менее 20 м ²	30*** 3 м ³ /ч на 1 м ² жилой площади	60
<p>* Норма наружного воздуха приведена для помещений кабинетов, офисов общественных зданий административного назначения. В других помещениях общественного назначения норму наружного воздуха следует принимать по требованиям соответствующих нормативных документов.</p> <p>** Для помещений, в которых люди находятся не более 2 ч непрерывно (кинотеатры, театры и др.).</p> <p>*** Не менее 0,35 воздухообмена в час, определяемого по общему объему квартиры.</p>		

Особенности технологического процесса влияют на выбор технологического оборудования, схемы технологического процесса и внутрицехового транспорта. От этого, в свою очередь, зависит объемно-планировочное и конструктивное решение проектируемых промышленных зданий [27].

Проектирование производственных зданий промышленных предприятий ведется по СНиПам, СП и нормам технологического проектирования (НТП).

Для обувных предприятий, выпускающих обувь клеевого метода крепления, действуют нормы ВНТП 42–86 «Нормы технологического проектирования предприятий легкой промышленности. Раздел 18. Обувная промышленность. 18.1. Обувь клеевого метода крепления» [28], разработанные в 1986 году. Аналогичные нормы были разработаны и для других предприятий легкой промышленности, таких как швейная промышленность (ВНТП 34–85 Нормы технологического проектирования предприятий легкой промышленности. Раздел 15. Швейная промышленность [29]); кожевенная промышленность (ВНТП 41-86 «Нормы технологического проектирования предприятий легкой промышленности. Раздел

16. Кожевенная промышленность. 16.1. Производство первичной обработки кожевенного сырья» [30]); трикотажная промышленность (ВНТП 24-86 Ведомственные нормы технологического проектирования. Нормы технологического проектирования предприятий легкой промышленности. Раздел 10. Трикотажная промышленность. 10.1. Производство верхних изделий. 10.1.3. Раскрой, пошив" [31]) и другие.

В соответствии с ВНТП 42–86, размещать обувные фабрики необходимо в многоэтажных зданиях с сеткой колонн 6,0 x 6,0 м или 6,0 x 12,0 м и высотой этажа 4,8 м. В одном корпусе следует блокировать все производственные цехи со всеми подсобно-производственными и складскими помещениями, за исключением складов легковоспламеняющихся материалов зарядной, компрессорной и ЦРМ. Вырубочный цех и цех для раскроя текстиля следует размещать на I этаже производственного корпуса, так как оборудование этих цехов имеет большую нагрузку на перекрытия и динамическую нагрузку с коэффициентом 1,2 [28].

Традиционные архитектурно-планировочные решения производственных цехов обувных предприятий, как и предприятий некоторых отраслей легкой и текстильной промышленности, например швейных предприятий, представляют собой одноуровневые помещения, расположенные в пределах одного этажа, с размещенным в них технологическим оборудованием и инженерными системами. При такой планировке помещений характерно наличие зон, в которых движение воздуха ограничено технологическим и вспомогательным оборудованием, элементами конструкций или другими факторами, в результате чего возможно образование застойных зон.

Микроклиматические условия и качество воздуха в подобных застойных зонах будут существенным образом отличаться от соответствующих осредненных показателей для производственного помещения в целом. Это требует соответствующего учета, что невозможно в рамках существующих подходов к нормированию микроклимата и качества воздушной среды.

1.5. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда на производственных объектах, осуществляющих производство обуви

В соответствии с [32] устанавливаются обязательные требования к обеспечению безопасных для человека условий труда.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели обязаны осуществлять: производственный контроль за условиями труда; разрабатывать и проводить санитарно-противоэпидемические (профилактические) мероприятия, предусмотренные Санитарными правилами. По результатам проведения производственного контроля и специальной оценки условий труда хозяйствующим субъектом должен быть разработан и выполняться в установленные им сроки перечень мероприятий по улучшению условий труда, направленных на снижение рисков для здоровья человека в части профессиональных заболеваний, заболеваний (отравлений) и инфекционных заболеваний, связанных с условиями труда [32].

Санитарно-противоэпидемические (профилактические) мероприятия, направленные на предупреждение вредного воздействия факторов производственной среды и трудового процесса на здоровье работника, включают в себя: технологические и технические мероприятия; организационные мероприятия; организацию лечебно-профилактического питания; применение средств индивидуальной защиты (далее — СИЗ) [32].

В разделе IV [32] определены требования к разработке и реализации санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий при работе с отдельными факторами и технологическими процессами на этапе эксплуатации, реконструкции и модернизации производства, такие как:

- Размещение технологического оборудования различных производственных переделов и процессов должно предусматривать объемно-планировочные и конструктивные решения, снижающие негативное влияние факторов производственной среды и трудового процесса соседних участков (цехов) друг на друга. Модернизация технологических процессов должна предусматривать: учет эргономических характеристик в отношении производственного оборудования,

организации рабочих мест и трудовому процессу; механизацию и автоматизацию погрузочно-разгрузочных работ, способов транспортирования сырьевых материалов, готовой продукции и отходов производства.

- На производстве должен быть перечень используемого сырья (за исключением пищевого), основных и вспомогательных материалов, который включает в себя описание, состав сырья и материалов и меры безопасного обращения с сырьем и материалами.

- Технологические процессы, характеризующиеся применением, образованием и выделением пыли, должны быть механизированы или автоматизированы; предусматривать способы подавления пыли в процессе ее образования с применением воды или других средств.

- Станки и инструмент для механической обработки материалов и изделий, сопровождающихся выделением газов, паров и аэрозолей, следует использовать совместно с системами удаления данных факторов.

- Удаление воздуха из помещений системами вентиляции следует реализовывать способом, исключающим прохождение его через зону дыхания работающих на постоянных рабочих местах.

- Промышленное оборудование, характеризующееся выделением пыли, эксплуатация которого приводит к превышению гигиенических нормативов в воздухе рабочей зоны с постоянными рабочими местами, должно быть оснащено устройствами местной вытяжной вентиляции.

- В системах общеобменной вентиляции производственных помещений (без естественного проветривания), имеющих по одной приточной и одной вытяжной установке, должны быть резервные системы для обеспечения параметров работы вентиляции или иные мероприятия, направленные на защиту работающих от факторов производственной среды.

- На постоянных рабочих местах у источников тепла, создающих уровни теплового излучения и температуры воздуха выше действующих гигиенических нормативов должно быть организовано воздушное душирование, при невозможности применения местных укрытий и отсосов.

Раздел V [32] включает требования к производственным зданиям, помещениям и сооружениям, определяющие: объем помещений, на одного работника (для постоянных рабочих мест) вне зависимости от вида выполняемых работ, в соответствии с категориями энерготрат, установленными гигиеническими нормативами, и составляющий не менее 15 м при выполнении легкой физической работы с категорией энерготрат Ia -Iб; не менее 25 м при выполнении работ средней тяжести с категорией энерготрат IIa – IIб и не менее 30 м при выполнении тяжелой работы с категорией энерготрат III, а площадь помещений для одного работника вне зависимости от вида выполняемых работ должна составлять не менее 4,5 м².

Приложение 1 к [32] раздел XV определяет Требования к производственным объектам, осуществляющим производство обуви:

- Сушку полуфабрикатов и деталей обуви с нанесенным на них клеем следует осуществлять в специальных сушильных камерах, оборудованных местной вытяжной вентиляцией. Сушка деталей обуви после нанесения клеев, латексов методом обдувки горячим воздухом, пульверизационная окраска обуви вне вытяжного укрытия не допускается.

- Все клеевые (намазочные) операции следует выполнять под местными вытяжными устройствами.

- Контейнеры и другие емкости для хранения клеев, растворителей должны быть герметизированными.

- Растворы полиизоцианата для приготовления полиуретановых клеев следует приготавливать только в химических цехах или в химических лабораториях в вытяжных шкафах. Приготовление клеев, разбавление загустевшего клея и использование клея в ходе технологического процесса производится в местах, оборудованных местной вытяжной вентиляцией.

- Готовая обувь, изготовленная методом горячей вулканизации, должна выдерживаться под укрытием, оборудованным местной вытяжной вентиляцией до полного остывания.

- Ванны для чистки пресс-форм литьевых машин должны быть оборудованы местными отсосами.

- Рабочие места, на которых выполняются операции по окрашиванию уреза подошв, наружных краев деталей верха должны быть оборудованы местной вытяжной вентиляцией.

1.6. Санитарно-гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха

Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» также определяет предельно допустимые концентрации (ПДК), ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений и в воздухе рабочей зоны [10].

Для нормирования комбинированного действия загрязняющих веществ при совместном присутствии в атмосферном воздухе, сумма отношений фактических концентраций веществ к их ПДК не должна превышать установленного коэффициента комбинированного действия $K_{кд}$ при расчете по формуле (1.19):

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq K_{кд}, \quad (1.19)$$

где: C_1, C_2, \dots, C_n – фактические концентрации веществ в атмосферном воздухе среды обитания человека; $ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ — предельно допустимые концентрации тех же веществ.

Комбинированное действие загрязняющих веществ при совместном присутствии в атмосферном воздухе может проявляться в суммировании ($K_{кд}=1$), ослабления (неполной суммации) ($K_{кд}>1$) или усиления (потенцирования) ($K_{кд}<1$) их действия.

Для нормирования качества атмосферного воздуха городских и сельских поселений устанавливают три вида предельно допустимых концентраций (ПДК):

максимальная разовая концентрация – концентрация, предотвращающая раздражающее действие, рефлекторные реакции, запахи при воздействии до 20–30 минут;

среднесуточная концентрация – концентрация, обеспечивающая допустимые (приемлемые) уровни риска при воздействии не менее 24 часов;

среднегодовая концентрация – концентрация, обеспечивающая допустимые (приемлемые) уровни риска при хроническом (не менее 1 года) воздействии.

В настоящее время ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений установлены для 716 их наименований, а ОБУВ — для 1741.

Нормативные значения качества воздушной среды, как понятно из их обозначения, зависят от того для какой зоны или территории они устанавливаются. На рисунке 1.6 показано как изменяются гигиенические нормативы качества воздуха начиная от рабочей зоны и заканчивая их значениями в окружающей среде.

Необходимо отметить, что на рисунке 1.6 не показан источник выделения (или источник выброса) загрязняющих веществ, так как, во-первых, место расположения источника определяется особенностями организации технологического процесса производства и он необязательно располагается в рабочей зоне, во-вторых, отсутствуют какие-либо нормативные документы, ограничивающие концентрацию загрязняющих веществ непосредственно в источнике выброса или в источнике выделения.

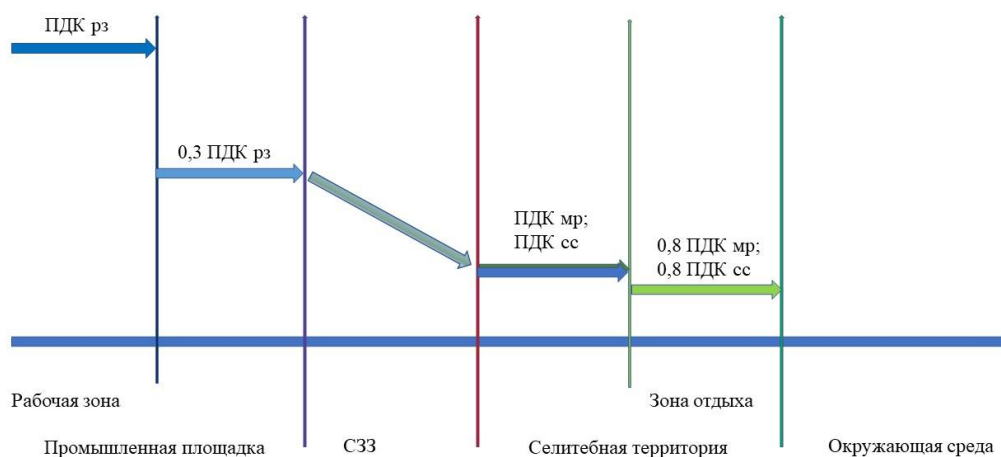


Рисунок 1.6 – Нормирование качества воздушной среды:

ПДК_{рз} – предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны;
 ПДК_{мр} – максимальная разовая предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений;

ПДК_{сс} – среднесуточная предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.

Требования к качеству воздуха рабочей зоны установлены в [10] и формально могут быть распространены на территорию всей промышленной площадки предприятия. Однако, если на предприятии установлены системы приточной или приточно-вытяжной вентиляции, а также открывающиеся окна и проемы для притока воздуха, то вступают в действие требования п. 7.6.1 б СП 60.133330.2020 [22]. Концентрация вредных веществ в атмосфере от вентиляционных выбросов данного объекта с учетом фоновых выбросов не должна превышать 0,3 ПДК для рабочей зоны производственных помещений в воздухе, поступающем в помещения производственных и административно-бытовых зданий через приемные устройства, открываемые окна и проемы, используемые для притока воздуха [22]. Далее между территорией предприятия и селитебной территорией, в соответствии с Федеральным законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [33], устанавливается специальная территория с особым режимом использования, санитарно-защитная зона (СЗЗ), предназначенная для уменьшения загрязнения атмосферного воздуха (химического, физического, биологического) до значений, установленных гигиеническими нормативами для качества атмосферного воздуха городских и сельских поселений [10], а также до величин приемлемого риска здоровью населения. СЗЗ по своему функциональному назначению является защитным барьером, обеспечивающим уровень безопасности населения при эксплуатации объекта в штатном режиме [34].

Граница СЗЗ, как правило, является границей селитебной территории, т. е. территории, предназначенной для размещения объектов жилого фонда, общественных зданий и сооружений, улиц, площадей парков, садов, зон отдыха и других объектов деятельность которых не оказывает воздействия, требующего специальных санитарно-защитных зон.

В соответствии с п. 70 [35] не допускается превышение гигиенических нормативов содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе :

в жилой зоне — $\leq 1,0$ ПДК (ОБУВ);

на территории, выделенной в документах градостроительного зонирования, решениях органов местного самоуправления для организации курортных зон,

размещения санаториев, домов отдыха, пансионатов, туристских баз, организованного отдыха населения, в том числе пляжей, парков, спортивных баз и их сооружений на открытом воздухе, а также территориях размещения лечебно-профилактических учреждений длительного пребывания больных и центров реабилитации — $\leq 0,8$ ПДК (ОБУВ) [35].

Для территорий, находящихся за пределами территорий городских и сельских поселений, гигиенические нормативы качества атмосферного воздуха, закрепленные в санитарных правилах и нормативах, отсутствуют, так как эти территории не являются подконтрольными федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор). Для таких территорий требования к качеству атмосферного воздуха могут устанавливаться в зависимости, как например в [36], от вида экосистем, расположенных на этих территориях.

В настоящее время для расчетов рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе применяются «Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе», утвержденные Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (далее — Методы 2017). Данные Методы, явились развитием и совершенствованием «Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий (ОНД-86)» [37], действовавшей более 30 лет.

Методы-2017 [38] предназначены для расчета концентраций вредных (загрязняющих) веществ, за исключением радиоактивных, в атмосферном воздухе и применяются для расчетов концентраций загрязняющих веществ в двухметровом слое над поверхностью Земли, а также для расчетов вертикального распределения концентраций. Расстояние, на которых могут применяться расчеты с использованием Методов-2017, ограничено 100 км от источника выбросов.

Методы-2017 [38] применяются при:

- определении нормативов выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух;
- разработке перечня мероприятий по охране окружающей среды в составе разделов проектной документации;
- обосновании ориентировочных размеров санитарно-защитных зон;
- разработке и обосновании организационно-технических мероприятий, оказывающих влияние на уровень загрязнения атмосферного воздуха, при оценке их результатов;
- оценке воздействия намечаемой хозяйственной или иной деятельности на качество атмосферного воздуха;
- оценке краткосрочных и долгосрочных уровней загрязнения атмосферного воздуха и соответствующих концентраций загрязняющих атмосферу веществ, создаваемых всеми источниками выброса, исключая рассматриваемые (непосредственно учитываемые в расчете рассеивания выбросов) (далее - фоновые концентрации ЗВ).

Методы–2017 [38] позволяют рассчитать поля:

- максимальных разовых концентраций ЗВ, соответствующих сочетанию неблагоприятных метеорологических условий, в том числе, опасной скорости ветра, и неблагоприятных условий выброса ЗВ в атмосферный воздух, то есть такого сочетания мощностей и других параметров выброса ЗВ в атмосферный воздух (высота, диаметр устья, расход ГВС, температура ГВС, скорость выхода ГВС из устья, мощность выброса), при котором в условиях соблюдения промышленным предприятием установленного режима работы достигаются максимальные значения максимальных приземных концентраций (далее - неблагоприятные условия выброса ЗВ в атмосферный воздух);
- безразмерных концентраций ЗВ в атмосферном воздухе групп веществ комбинированного вредного действия (полной суммации, неполной суммации, потенцирования);

- средних концентраций ЗВ в атмосферном воздухе, соответствующих длительному (сезон, год) времени осреднения, в частности, среднегодовых, концентраций ЗВ в атмосферном воздухе (далее - долгопериодные средние концентрации ЗВ в атмосферном воздухе).

Однако, представленные в [38] методы расчета рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы не позволяют в полной мере учесть влияние особенностей рельефа местности и характера городской застройки, что особенно актуально для предприятий легкой промышленности, относящихся, как правило, к 4 и 5 классу, имеющих размер ориентировочной СЗЗ 100 и 50 метров соответственно, и расположенных в зонах плотной застройки или в непосредственной близости от них.

1.7. Современные подходы и программное обеспечение для моделирования и оценки влияния промышленного предприятия на персонал и окружающую среду

Учитывая, что в обувном производстве все еще велика доля ручных операций, можно отметить тот факт, что время выполнения конкретной операции носит вероятностный характер и определяется средним показателем, зависит от квалификации работника и степени усталости (времени, прошедшего от начала смены или перерыва для отдыха).

Одним из современных методов, позволяющих адекватно моделировать подобные задачи является имитационное моделирование.

Имитационное моделирование является широко признанным методом решения сложных задач анализа, оптимизации и проектирования систем управления производством и технологическими процессами. В последнее время все более увеличивается роль имитационного подхода при выполнении исследовательских и проектных работ по созданию производственных систем большой сложности, гибких производств и ускорению поиска рациональных решений в промышленности.

Как инструмент исследования сложных систем имитационное моделирование включает методологию построения системных моделей, методы алгоритмизации объектов, методы и средства построения программных реализаций имитаторов, планирования, организации и выполнения вычислительных экспериментов с имитационными моделями, обработки данных и анализа результатов.

На ранних этапах развития машинного моделирования алгоритмизация систем и программные реализации имитаторов обычно выполнялись для относительно несложных задачи и были рассчитаны на простые эксперименты и элементарную обработку данных. Совершенствование методов алгоритмизации и программирования, увеличение вычислительных мощностей связано с попытками построения формальных описаний и компьютерных представлений для все более сложных систем. В настоящее время получили широкое распространение различные методы, обладающие большими выразительными возможностями. Разработаны и активно используются специальные средства программирования моделей, имеющих сложную структуру [39–42].

Вероятно, главная польза от применения моделирования производственных систем заключается в том, что оно позволяет управляющему получить представление о влиянии «локальных» изменений в масштабе всей производственной системы. Если изменение вносится на некоторой рабочей станции, его влияние на работу этой станции будет вполне предсказуемым, а заранее определить, каким образом оно скажется на работе всей системы в целом, будет затруднительно.

Кроме общих достоинств имитационного моделирования существует множество потенциальных преимуществ его использования при исследованиях:

- увеличение производительности;
- сокращение времени пребывания деталей в системе;
- уменьшение запаса деталей в процессе производства;
- увеличение занятости станков и рабочих;
- обеспечение своевременной доставки товаров потребителям;
- сокращение потребностей в капитале или эксплуатационных расходов;

- гарантия того, что предложенный вариант системы будет действительно функционировать так, как ожидается;
- обеспечение лучшего понимания системы в результате сбора информации для создания имитационной модели;
- возможность предусмотреть возникновение некоторых существенных проблем, над которым имитационная модель предложенной системы часто заставляет задуматься разработчиков системы [40]

Анализ производства, обсуждаемый в этом исследовании, в основном касается производства обуви с точки зрения влияния технологии производства конкретной модели на производительность и использование всех видов ресурсов.

Производство обуви трудоемкий процесс, который нельзя полностью автоматизировать и требует профессионального мастерства на каждом этапе производства. Для изготовления пары обуви выполняется более сотни операций. В зависимости от типа обуви, ее модели и используемого материала технологический процесс изготовления может варьироваться.

В производстве обуви производственная линия динамична, дискретна и стохастична. Стохастичность обусловлена переменным временем обработки, а также случайными отказами и последующим ремонтом. Такая случайность затрудняет контроль производственного процесса и прогнозирование его поведения [43]. Имитационная модель способствует лучшему пониманию процессов, анализу и совершенствованию системы, позволяет выявить взаимосвязи между процессами и определить факторы, влияющие на производительность производства и использование ресурсов.

Поскольку производительность, время обработки, необходимое количество ресурсов варьируются в зависимости от модели обуви, имитационная модель допускает анализ чувствительности эффективности в отношении производительности и использования ресурсов.

В настоящее время в имитационном моделировании широко используются три основные парадигмы моделирования:

- системная динамика (system dynamics);

- дискретно-событийное моделирование (discrete-event simulation);
- агентное моделирование (agent-based model).

Основателем системно-динамического подхода в имитационном моделировании считается американский ученый Джей Форрестер, который в середине 50-х годов прошлого века разработал основные принципы и математический аппарат системной динамики. Базовой концепцией системной динамики являются циклы обратных связей, как положительных, так и отрицательных. Основное описание модели представляет собой набор абстрактных накопителей (ресурсов – материалов, людей, финансов и др.) и потоков между накопителями. Направление и интенсивность потоков определяется динамическими переменными и характером обратных связей. Основные труды Дж. Форрестера «Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика)» (1961) [44], «Динамика развития города» (1969) [45] и «Мировая динамика» (1971) [46] переведены на русский язык и считаются классикой системной динамики.

Также широко известны исследования развития мировой экономики, проведенные группой ученых под руководством Денниса Медоуза, и их доклад «Римскому клубу», который был выпущен в 1974 году в виде отдельной книги «Dynamics of Growth in a Finite World» [47]. Фундаментальные исследования по системной динамике представлены в работах Дж. Форрестера, Г. П. Ричардсона, М. П. Сенге, Донеллы и Денниса Медоузов, Джона Д. Штермана и других [44–57].

Сейчас системная динамика применяется, как правило, для моделирования сложных социальных и экономических систем [58–60]

Наиболее широко распространенными системами разработки системно динамических моделей являются AnyLogic, Stella, Ithink, Vensim, Powersim и некоторые другие.

Второй парадигмой или вторым видом имитационного моделирования является дискретно-событийное моделирование, в котором поведение системы описывается последовательностью дискретных событий. Дискретно-событийное моделирование широко применяется в тех случаях, когда систему можно

представить в виде последовательности операций, как например технологический процесс производства или системы массового обслуживания [61–63].

Компьютерная реализация дискретно-событийного моделирования представлена программами AnyLogic, Arena, GPSS, Enterprise Dynamics, ExtendSim и другие.

Самым молодым и активно развивающимся направлением имитационного моделирования является агентное моделирование. В агентном моделировании поведение системы определяется как результат поведения агентов, составляющих эту систему, причем сначала устанавливаются параметры агентов и правила их взаимодействия между собой и «окружающей средой» [64–67].

Единственным программным продуктом для агентного моделирования профессионального уровня в настоящее время является AnyLogic, позволяющий одновременно использовать все три ныне существующие парадигмы имитационного моделирования, что позволяет использовать его в качестве инструмента для решения широкого спектра задач производства обуви.

В настоящее время для моделирования процессов тепло- и массопереноса широко используется современное программное обеспечение (ПО), предназначенное для решения задач вычислительной гидродинамики.

Вычислительная гидродинамика (computational fluid dynamics, CFD) — подраздел механики сплошных сред, включающий совокупность физических, математических и численных методов, предназначенных для вычисления характеристик потоковых процессов.

CFD позволяет решать основные уравнения течения жидкости при помощи вычислительной техники и представляет решения в виде как пространственного, так и временного поля таких переменных как температура и скорость, и / или прогнозирует дисперсию загрязняющих веществ в комнате или здании, то есть в вычислительной области. CFD также можно использовать для прогнозирования качества воздуха в помещении, теплового комфорта, распространения огня и дыма и ветрового потока вокруг зданий.

В последнее время наблюдается стремительный рост количества научной литературы по применению вычислительной гидродинамики в исследованиях вентиляции и воздухообмена в помещении. Благодаря увеличению мощностей используемых для вычисления компьютеров вычислительная гидродинамика стала неотъемлемой частью научных исследований и инженерных разработок сложных систем распределения воздуха и вентиляции в зданиях [68].

P. Nielsen [69] был, вероятно, первым, кто применил CFD в исследованиях вентиляции. С 1970-х годов произошли значительные изменения как в области CFD (более быстрые и мощные компьютеры и вычислительные комплексы, улучшенные численные методы и уточнение моделей турбулентности), так и в области вентиляции (способы осуществления вентиляции и управление вентиляцией).

Основным элементом, моделируемым в расчетах вентиляции с использованием CFD, является воздушный поток. К основным его переменным относятся скорость воздуха, его направление, температура и величина турбулентности. Важным процессом, влияющим на воздушный поток в зданиях, является перенос тепла и влаги, включая тепловое излучение [70]. Также важна связанная с этим конденсация на поверхностях с точки зрения образования влаги и плесени в воздухе помещения. Понимание детального процесса теплопереноса через ограждающую конструкцию здания с использованием совместно CFD и анализа теплопередачи также может быть полезно для повышения энергоэффективности зданий.

Для анализа качества воздуха в помещении важным является исследование подробных характеристик выделений с поверхности материала [71–73], а также при дыхании и кашле. Для твердых частиц, содержащихся в воздухе, существенными являются процессы осаждения частиц и повторного подъема. Значимым показателем, влияющим на поведение газообразных загрязнителей и аэрозолей, является химический состав воздуха внутри помещений.

Часто используются два общих показателя эффективности вентиляции. Эффективность воздухообмена показывает, насколько эффективно наружный

воздух распределяется в помещении, а эффективность вентиляции показывает, насколько эффективно переносимые по воздуху загрязнители удаляются из помещения. Местный средний возраст воздуха в точке определяется как среднее время, за которое воздух достигает этой точки при первом входе в комнату, а средний возраст воздуха в помещении – это средний возраст воздуха во всех точках в помещении. Возраст воздуха можно измерить с помощью методов индикаторного газа. Эффективность воздухообмена и вентиляции была изучена с помощью CFD в работе [74].

Во время и после эпидемии атипичной пневмонии 2003 года CFD стала инструментом моделирования передачи болезней в зданиях. С 2003 года было проведено большое количество исследований с использованием методов вычислительной гидродинамики для улучшения вентиляции больничных палат [75–81].

Очередной всплеск интереса к CFD моделированию при исследовании проблем распространения вирусов связан с возникновением новой коронавирусной инфекции COVID-19 (Corona Virus Disease 2019) [82–92]

Правильный прогноз загрязнения атмосферного воздуха в городских районах имеет первостепенное значение для безопасности, здоровья населения и устойчивости окружающей среды. Современные исследования также выполняются с помощью вычислительной гидродинамики (CFD), которая становится все более мощным инструментом для прогнозирования и изучения явления рассеивания в условиях городской застройки, сложного рельефа и в сложных атмосферных условиях. Исследования, выполненные на основе моделирования с помощью вычислительной гидродинамики (CFD), помогают сократить время, необходимое для оптимизации физической модели, и значительно дешевле по сравнению с экспериментами в аэродинамических трубах.

Последние достижения в области компьютерных технологий делают CFD мощным инструментом для моделирования загрязнения воздуха [93, 94]. С помощью CFD моделей проведено моделирование с высоким пространственным разрешением воздушных потоков в городских кварталах [95], а также

моделирование влияния геометрии зданий на ветровой режим с учетом тепловой конвекции [96, 97].

Из-за ошибок моделирования турбулентности и численных ошибок CFD не может в полной мере заменить теоретические расчеты и экспериментальные методы анализа вентиляции. Очевидно, что эффективный научный подход состоит в том, чтобы объединить теоретические и экспериментальные методы и CFD таким образом, чтобы использовать сильные стороны каждого метода. Однако, это утверждение может быть неверным для инженерного проектирования сложных реальных задач, в которых данные экспериментов обычно недоступны, а требуемая инженерная точность часто не очень высока.

ВЫВОДЫ ПО I ГЛАВЕ

1. Система «Промышленное предприятие – Персонал (человек) – Окружающая среда» рассмотрена с точки зрения движения в ней потоков вещества, энергии и информации.

2. Современное предприятие должно обеспечивать многообразие ассортимента выпускаемой продукции с максимальным использованием производственных площадей, имеющегося технологического оборудования, организовать безопасные условия труда производственного персонала и минимизировать воздействие на окружающую среду, а интенсивность негативного воздействия будет выражаться образованием разного рода отходов, материальных и энергетических.

3. Показано, что негативное воздействие на объект (производственный персонал; окружающая среда) зависит от технологий и оборудования, которые применяются на предприятии, а также сырья и материалов, используемых в производстве, и режима работы оборудования.

4. Показано, что для оценки взаимодействия в системе «Промышленное предприятие – Персонал (человек) – Окружающая среда», в том числе оценки воздействия технологических процессов на производственный персонал и окружающую среду, необходим комплексный подход с использованием

многомасштабного моделирования, включающего в себя моделирование конкретного технологического оборудования, технологической операции, производственного участка, цеха, предприятия в целом и окружающей среды, на основе единых потоков вещества, энергии и информации, действующих в этой системе.

5. Проанализированы современные санитарно-гигиенические требования к микроклимату производственных помещений и качеству воздуха рабочей зоны.

6. Подробно рассмотрено воздействие на производственный персонал в процессе труда. Отмечено, что организм человека, работающего на предприятии, ежедневно в процессе производства, контактируя с опасными и вредными производственными факторами, получает определенное негативное воздействие, которое может быть охарактеризовано воздействующей дозой, и такое воздействие продолжается на протяжении всего срока трудовой деятельности.

7. Показано, что для точного определения величины поступления (или дозы) необходимо точно знать значительное число параметров, которые зависят от характера трудовой деятельности.

8. Представлены процессы теплового взаимодействия организма человека с окружающей внутрипроизводственной средой. Показано, что теплоотдача, осуществляется, в основном, теплопроводностью, конвекцией, радиацией (излучением), дыханием и испарением пота.

9. Изучены и обобщены факторы, влияющие на процессы формирования микроклимата производственных помещений. Показано, что параметры микроклимата в помещении формируются в результате воздействия на него множества факторов: параметров наружной среды, технологических процессов в помещении, систем отопления, вентиляции или кондиционирования воздуха и других.

10. Изучены нормы технологического проектирования предприятий легкой промышленности.

11. Отмечено, что традиционные архитектурно-планировочные решения производственных цехов обувных предприятий, как и предприятий некоторых

отраслей легкой и текстильной промышленности, например швейных предприятий, представляют собой одноуровневые помещения с размещенным в них технологическим оборудованием и инженерными системами. При такой планировке помещений характерно наличие зон, в которых движение воздуха ограничено технологическим и вспомогательным оборудованием, элементами конструкций или другими факторами, в результате чего возможно образование застойных зон. Микроклиматические условия и качество воздуха в подобных застойных зонах будут существенным образом отличаться от соответствующих осредненных показателей для производственного помещения в целом, что требует соответствующего учета, что невозможно в рамках существующих подходов к нормированию микроклимата и качества воздушной среды.

12. Рассмотрены современные санитарно-гигиенические требования к атмосферному воздуху.

13. Представлено зонирование территории по показателям нормирования качества воздуха. Выделены территории рабочей зоны и промышленной площадки в целом, территории санитарно-защитной зоны (СЗЗ), селитебная территория и зона отдыха, а также окружающая среда.

14. Показано, что представленные в действующей нормативной документации методы расчета рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы не позволяют в полной мере учесть влияние особенностей рельефа местности и характера городской застройки, что особенно актуально для предприятий легкой промышленности, относящихся, как правило, к 4 и 5 классу и имеющих размер ориентировочной СЗЗ 100 и 50 метров соответственно, и расположенных в зонах плотной застройки или в непосредственной близости от них.

15. Проанализированы современные подходы и программное обеспечение для моделирования и оценки влияния промышленного предприятия на персонал и окружающую среду. Показано, что в настоящее время наблюдается рост публикаций по применению вычислительной гидродинамики как в исследованиях

вентиляции и воздухообмена в помещении, так и для прогноза загрязнения атмосферного воздуха.

16. Проведенные анализ и обобщения показали, что последующие исследования должны быть направлены на:

– изучение и систематизацию технологий производства обуви с точки зрения влияния на производственный персонал и загрязнение воздушной среды, включая технологические операции, сопровождающиеся выделением твердых и газообразных загрязняющих веществ, паро- и тепловыделениями;

– исследование и анализ существующих методов расчета как параметров микроклимата и качества воздушной среды внутри производственных помещений обувных предприятий, так и параметров загрязнения атмосферного воздуха;

– разработку новой комплексной многомасштабной математической модели нестационарного тепломассопереноса для оценки воздействия технологических процессов производства обуви как на производственный персонал, так и окружающую среду;

– разработку алгоритма моделирования расчета параметров тепломассопереноса и распространения вредных веществ для оценки воздействия технологических процессов производства обуви на производственный персонал и окружающую среду, а также его программную реализацию на основе свободного программного обеспечения;

– проведение апробации разработанной математической модели и методики расчетов;

– разработку по результатам исследований мероприятий по снижению негативного влияния на воздух рабочей зоны производственных цехов обувных предприятий;

– разработку нового эколого-экономического критерия оценки негативного воздействия промышленного предприятия на атмосферный воздух.

ГЛАВА II. ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ОБУВНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ИСТОЧНИКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЕРСОНАЛ ОБУВНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

2.1. Анализ условий труда на предприятиях по производству обуви и влияния качества воздуха на организм человека.

В настоящее время на промышленных предприятиях, в том числе и обувных, для повышения качества и увеличения объема выпускаемой продукции внедряются различные автоматизированные системы управления (АСУ) производственным процессом. Но, несмотря на это, на предприятиях по производству обуви высока доля ручного труда.

Анализ характеристик технологии производства обуви, как источника вредного воздействия на воздушную среду предприятия, показал, что особое внимание необходимо уделить исследованию опасных и вредных факторов отдельных технологических операций и организации условий труда на предприятии. Негативные факторы производственной среды создают опасности для здоровья и жизни работников. Неблагоприятные условия труда могут вызвать снижение работоспособности, приводить к нарушению здоровья, в том числе возникновению профессиональных заболеваний [17].

Согласно [98] из всей совокупности производственных факторов для целей безопасности труда по критерию возможности причинения вреда организму работающего человека выделяют:

- неблагоприятные производственные факторы;
- производственные факторы, не являющиеся неблагоприятными, то есть нейтрального или благоприятного действия.

Неблагоприятные производственные факторы по результирующему воздействию на организм работающего человека подразделяют на:

- вредные производственные факторы, то есть факторы, приводящие к заболеванию, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания;

- опасные производственные факторы, то есть факторы, приводящие к травме, в том числе смертельной.

Как представлено на рисунке 2.1, по факторам производственной среды условия труда подразделяются на четыре класса [99].

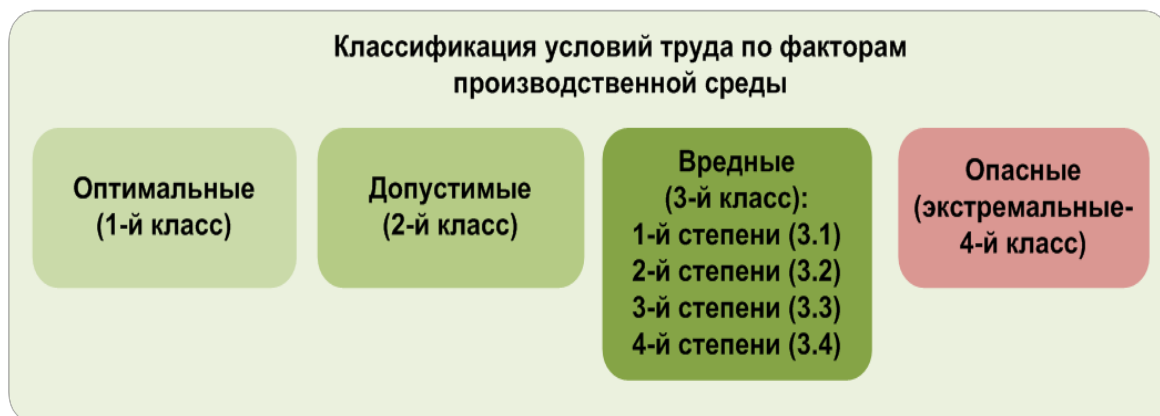


Рисунок 2.1 — Классификация условий труда по факторам производственной среды

1 класс (*оптимальные условия труда*) – такие условия, при которых сохраняется здоровье работающих и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы производственных факторов установлены для микроклиматических параметров и факторов трудового процесса. Для других факторов условно за оптимальные принимаются такие условия труда, при которых неблагоприятные факторы отсутствуют либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

2 класс (*допустимые условия труда*) – характеризуются такими уровнями факторов производственной среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не должны оказывать неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работающих и их потомство. Допустимые условия труда условно относят к безопасным.

3 класс (*вредные условия труда*) – характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное действие на организм работающего и/или его потомство. В свою очередь 3 класс имеет 4 степени вредности:

– 1: характеризуется такими отклонениями уровней вредных факторов от гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения, восстанавливающиеся, как правило, при более длительном (чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами и увеличивают риск повреждения здоровья;

– 2: уровни вредных факторов, вызывающие стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению производственно обусловленной заболеваемости и т.д.;

– 3: характеризуются возникновением профессиональных болезней легкой и средней степени тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности;

– 4: характеризуется возникновением тяжелых форм профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), отмечаются значительный рост числа хронических заболеваний.

4 класс (*опасные (экстремальные) условия труда*) – характеризуются уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в том числе и тяжелых форм.

Для производственного цеха сборки обуви представлен список профессий рабочих, которые отнесены к определенной группе класса условий труда согласно требованиям [2, 10] (таблица 2.1).

Категории работ определяются по уровню энергозатрат организма в соответствии с [10].

Для выявления вредных и опасных производственных факторов на предприятиях по производству обуви необходимо проводить специальную оценку условий труда (СОУТ) в соответствии с [100].

Таблица 2.1 – Перечень профессий в цехе сборки обуви фабрики АО «Егорьевск-обувь»

№ п/п	Наименование профессий	Количество рабочих мест	Интенсивность энергозатрат
1	Сборщик деталей и изделий	23	16
2	Начальник цеха	1	16
3	Мастер участка	4	16
4	Кладовщик	2	16
5	Транспортировщик	2	16
6	Уборщик производственных и служебных помещений	2	16
7	Картонажник	2	16
8	Контролер изделий, полуфабрикатов и готовых изделий	4	16
9	Вставщик деталей и изделий	9	16
10	Формовщик деталей и изделий	10	16
11	Затяжчик обуви	20	16
12	Обработчик деталей, полуфабрикатов и изделий	4	16
13	Съемщик обуви с колодок	4	16
14	Фрезеровщик обуви	2	16
15	Отделочник изделий	14	16
16	Комплектовщик изделий, полуфабрикатов и материалов	14	16
17	Слесарь-ремонтник	5	16
18	Сборщик обуви	20	16
19	Обувщик по ремонту обуви	1	16
20	Бухгалтер	1	1а
21	Составитель химических растворов	1	16
22	Обработчик подошв	3	16
ИТОГО		148	

Результаты проведения специальной оценки условий труда могут применяться для:

1) разработки и реализации мероприятий, направленных на улучшение условий труда работников;

2) информирования работников об условиях труда на рабочих местах, о существующем риске повреждения их здоровья, о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов и о полагающихся работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, гарантиях и компенсациях;

3) обеспечения работников средствами индивидуальной защиты, а также оснащения рабочих мест средствами коллективной защиты;

4) осуществления контроля за состоянием условий труда на рабочих местах;

5) организации в случаях, установленных законодательством Российской Федерации, обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических (в течение трудовой деятельности) медицинских осмотров работников;

6) установления работникам предусмотренных Трудовым кодексом Российской Федерации гарантий и компенсаций;

7) установления дополнительного тарифа страховых взносов в Пенсионный фонд Российской Федерации с учетом класса (подкласса) условий труда на рабочем месте;

8) расчета скидок (надбавок) к страховому тарифу на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

9) обоснования финансирования мероприятий по улучшению условий и охраны труда, в том числе за счет средств на осуществление обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

10) подготовки статистической отчетности об условиях труда;

11) решения вопроса о связи возникших у работников заболеваний с воздействием на работников на их рабочих местах вредных и (или) опасных производственных факторов, а также расследования несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

12) рассмотрения и урегулирования разногласий, связанных с обеспечением безопасных условий труда, между работниками и работодателем и (или) их представителями;

13) определения в случаях, установленных федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, и с учетом государственных нормативных требований охраны труда видов санитарно-

бытового обслуживания и медицинского обеспечения работников, их объема и условий их предоставления;

14) принятия решения об установлении предусмотренных трудовым законодательством ограничений для отдельных категорий работников;

15) оценки уровней профессиональных рисков [100].

В рамках диссертационной работы рассмотрены факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды и факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов в цехах обувных предприятий, которые определялись в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны вредных веществ, параметров микроклимата и факторов трудового процесса в соответствии с данными [99]. Физические факторы характеризуются загазованностью воздуха рабочей зоны при выполнении клеевых операций в результате выделяющихся паров органических растворителей, а химические – токсическими и канцерогенными свойствами этих веществ.

2.2. Общая характеристика технологического процесса производства обуви как источника загрязнения воздушной среды

В настоящее время в обувной промышленности активно применяются химические методы крепления деталей, литьевые методы изготовления обуви или методы изготовления заготовок верха обуви из поливинилхлорид-порошка (ПВХ) и пасты в силиконовых матрицах, метод горячей вулканизации [101–103]. Широкое применение нашли физико-химические методы отделки изделий, которые позволяют получать принципиально новые декоративные эффекты. Также необходимо отметить, что современная обувь, изготовленная из искусственных и синтетических материалов, практически не уступает по своим эксплуатационным свойствам обуви из натуральной кожи. Уровень химизации обувного производства чаще всего оценивается по двум показателям: соотношению удельных долей

химических и механических методов крепления низа обуви и соотношению удельных долей синтетических и натуральных материалов [101]. В свою очередь, применяемые в обувном производстве вспомогательные материалы, содержащие в своем составе опасные химические вещества, в значительной степени негативно влияют на условия труда работника обувного производства [104].

В связи с развитием материальной и технической базы обувного производства существенно изменилась технология выполнения операций на всех этапах сборки обуви [105–117]. Под технологией подразумевают совокупность приемов и способов получения, обработки или переработки сырья, материалов, полуфабрикатов или изделий. Технологией, или технологическими процессами, называют также собственно операции обработки, переработки, транспортирования, складирования, хранения, которые являются основной частью производственного процесса. В свою очередь технологические операции подразделяются на технологические, вспомогательные и обслуживающие. Технологические операции представляют собой преднамеренное изменение формы, размеров состояния сырья, их структуры, физико-механических и других свойств. Они выполняются одновременно над несколькими совместно обрабатываемыми деталями или изделиями. Вспомогательные операции предусматривают изготовление технологической оснастки, инструмента, ремонта оборудования. Обслуживающие операции обеспечивают основные и вспомогательные производственные процессы материалами, полуфабрикатами, энергией, выполнение контрольных, лабораторных и исследовательских работ.

Построение технологического процесса производства обуви зависит от модели и конструкции выпускаемой продукции, используемых основных и вспомогательных материалов, их формы, степени предварительной отделки и метода крепления. Основные этапы обувного производства заключаются в раскрое, предварительной обработке деталей, скреплении деталей верха и низа обуви, формовании, механической и физико-химической отделке (рисунок 2.2) [113, 114].

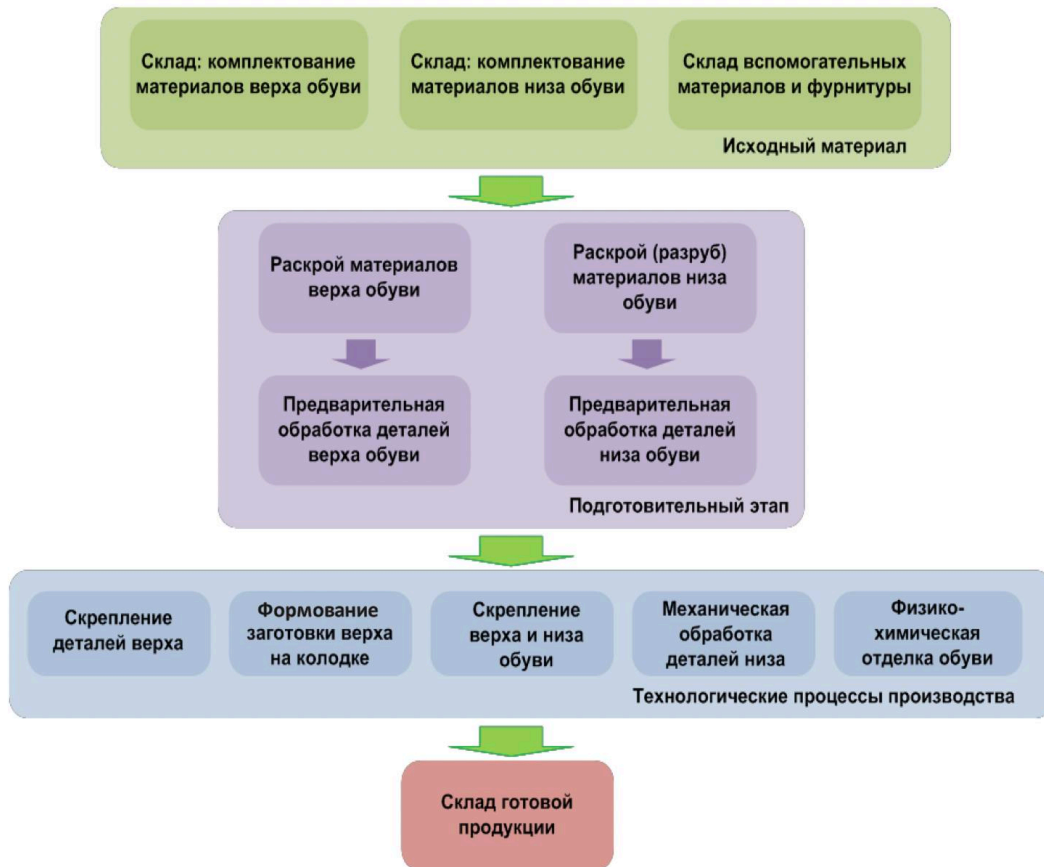


Рисунок 2.2 — Схема технологии производства обуви

На первом этапе производства обуви, поступающие материалы подлежат приемке, где их проверяют по виду, количеству, площади, сортности, толщине (категориям), ширине и метражу, согласно товарно-транспортной документации. В случае обнаружения расхождения составляется акт приемки материала с указанием всех отклонений.

Раскрой и разруб материалов относится к основным подготовительным процессам производства обуви. В настоящее время для выполнения данных операций в основном применяются прессы различных марок. Для рулонных материалов (тканей, трикотажа, искусственных (ИК) и синтетических кож (СК) и др.) разрабатывают технологию формирования настилов, где определяют длину настила, количество слоев в нем в зависимости от материала и вида выкраиваемых (вырубаемых) деталей, закрепления краев настила, нарезание делюжек, прокладочной бумаги. Но существует ручной раскрой материалов на детали верха и низа обуви, который применяется ограниченно. Он актуален для экспериментальных цехов обувных предприятий, где разрабатываются новые

модели обуви. Также ручной раскрой используют для создания модной обуви, реализуемой небольшими партиями.

Технологический процесс раскроя и разрубка материалов на детали верха и низа обуви сопровождается выделением в воздух рабочей зоны пыли. Ее состав зависит от материала, подлежащего раскрою или разрубку, и характеризуется содержанием взвешенных частиц кожи, резины и текстиля.

На следующем этапе производства обуви осуществляется сборка заготовок верха обуви. Число узлов и последовательность операций данного технологического процесса зависит от вида и конструкции заготовок верха. Сборка заготовки верха обуви заключается в скреплении деталей ниточными и химическими методами с образованием пространственно замкнутого контура.

В настоящее время при сборке заготовок верха обуви преимущественно используют ниточные методы крепления с образованием ниточных швов [101, 102, 115, 116, 118], которые классифицируют по способу образования стежка, виду строчки, взаимному расположению скрепляемых деталей и числу строчек. Применение данного метода сопровождается незначительным выделением пыли, образующейся в результате прокола материала иглой швейной машины.

Химические методы сборки заготовки верха обуви делятся на клеевые, сварные, клеесварные и горячей вулканизации. Применение данных методов позволяет заменить последовательное соединение параллельным, совместить операции предварительного соединения с основным скреплением деталей, повысить эксплуатационные свойства обуви в результате совершенствования конструкции заготовок верха [101, 102].

Клеевые методы сборки заготовки верха обуви используются для вспомогательного и второстепенного склеивания деталей. Первое облегчает выполнение основных операций скрепления, к которым относится, например, предварительное склеивание наружных деталей верха обуви, склеивание верха и кожаной подкладки по канту. Второе применяется, если к клеевому шву не предъявляются требования высокой прочности, а именно наклеивание межподкладки, межподблочников и боковинок.

При выполнении клеевых операций сборки заготовки верха обуви применяют латексные клеи, в составе которых отсутствуют органические растворители. Поэтому в воздух рабочей зоны практически не выделяется вредных веществ [101–103, 115, 116, 118].

Применение искусственных и синтетических кож привело к развитию сварных, клеесварных методов сборки заготовки верха обуви и горячей вулканизации, не требующих вспомогательных материалов. Их главными достоинствами является обеспечение высокой прочности соединений за счет собственных термопластичных свойств скрепляемых материалов, а также высокая производительность труда за счет применения автоматизированного оборудования, которое в свою очередь оснащается местными системами вентиляции, в результате чего достигаются нормативные показатели качества воздуха рабочей зоны.

Третий этап, сборка обуви, является самым технологически сложным. Здесь осуществляются такие операции как подбор колодки и подготовка заготовок к формованию, формование заготовок и фиксация формы верха обуви, подготовка следа к креплению подошв и крепление подошв, механическая и физико-химическая отделка обуви.

В настоящее время технологию сборки обуви различают по методу крепления. Их большое разнообразие позволяет изготавливать обувь с различными свойствами. Методы крепления деталей низа в обувной промышленности классифицируют следующим образом:

- химические: клеевые, литые и горячая вулканизация;
- механические (шпилечные): гвоздевой, винтовой и деревянно-шпилечный;
- ниточные: рантовый, прошивной, рантопрошивной, доппельный и бортовой;
- комбинированные: рантоклеевой, клеепрошивной и доппельно-клеевой.

Сборка обуви по сравнению с технологическими процессами раскроя и разрубки материалов и сборки заготовки верха обуви характеризуется большим количеством газообразных вредных веществ, выделяющихся в воздушную среду производственного цеха. Фрезерование уреза подошвы, шлифование

сопровождается выделением в воздух рабочей зоны пыли, которая имеет сложный состав. В ней содержатся взвешенные частицы натуральных, искусственных и синтетических кож, а также абразивных материалов. В результате нагревания кожи во время горячей полировки и обжига края при обработке резиновых подошв в воздух выделяются продукты термической деструкции, оксид углерода и сернистый газ. Операции по отделке обуви путем нанесения аппретур, устранение брака и дефектов сопровождаются выделением органических веществ, входящих в состав красящих и пленкообразующих материалов. Наибольшее загрязнение воздушной среды производственного цеха сборки обуви возникает в результате загазованности, которая сопровождается комбинированным выделением в воздух паров органических растворителей в основном от применяемых клеев. На рабочих местах цеха сборки обуви в результате применения полихлоропреновых и полиуретановых клеев, клеев на основе термоэластопластов (ТЭП) и клеев-расплавов в воздух рабочей зоны выделяются ацетон, этилацетат, бензин и другие вредные вещества.

В промышленно развитых странах крупносерийное и массовое производство обуви составляет лишь 20%, а единичное, мелкосерийное и серийное производство — 80% [119]. На протяжении многих десятилетий наиболее эффективными технологическими системами, являлись конвейерные линии, построенные по агрегатному принципу из унифицированных деталей в условиях массового производства. Эти линии проектируются с учетом конкретной технологии, объема выпуска, возможностей и производственных площадей.

Техническая революция во всех областях техники привела к частой смене продукции. Быстрое обновление ассортимента обуви является одним из факторов снижения серийности, в результате чего традиционные конвейерные линии во многих случаях перестают отвечать требованиям современного развития рынка. Поэтому активно развивается мелкосерийное производство обуви с применением РИНК-системы.

При сборке обуви на основе РИНК-системы в отличие от конвейерной, большая часть подготовительных операций выполняется вне потока.

Следовательно, сокращается время обработки заготовок различных видов обуви, в результате чего создаются условия для снижения трудоемкости отдельных операций технологического процесса, что в свою очередь способствует повышению качества выпускаемой продукции. Применение РИНК-системы характеризуется низким энергопотреблением производственных процессов, что позволяет получать дополнительную прибыль за счет повышения показателей энергосбережения.

В работе в качестве объектов исследования были рассмотрены обувные предприятия, технологический процесс сборки на которых организован как по конвейерному методу, так и на основе РИНК-систем.

Обувная фабрика АО «Егорьевск-обувь» (рисунок 2.3) является высокопроизводительным предприятием, производственная мощность которого составляет 3800–4200 пар в смену, в зависимости от вида, модели и размерного ассортимента. Основной продукцией фабрики является школьная и малодетская обувь клеевого метода крепления.



Рисунок 2.3 — Производственное предприятие АО «Егорьевск-обувь»

На первом этаже расположены: закройно-штамповочный (вырубочный цех), цех сборки обуви, ремонтно-механический цех. Бытовые помещения: санузлы мужские и женские с кабиной личной гигиены, курительные, кладовые уборного инвентаря предусмотрены отдельно для каждого цеха.

На втором этаже расположен: цех сборки заготовок верха обуви, экспериментальный цех, комната модельеров и технологов, отдел сбыта, комната

переговоров с покупателями, ассортиментный (выставочный кабинет) кабинет, ремонтно-механический цех, комната электриков, комната сантехников, кладовые и подсобные помещения общезаводского назначения.

Режим работы предприятия организован следующим образом:

- производственные цеха и отделения – в одну и две смены;
- вспомогательные службы – (экспериментальный цех, отдел модельеров и технологов, ремонтно-механический цех, электроотдел и отделение водоканализационного хозяйства) – в одну смену.

Как отмечалось в ранее, наибольшим выделением вредных веществ в воздушную среду предприятия сопровождаются операции технологического процесса сборки обуви. Поэтому для оценки и моделирования распространения вредных веществ в воздухе рабочей зоны был выбран цех сборки обуви фабрики АО «Егорьевск-обувь» (рисунок 2.4).

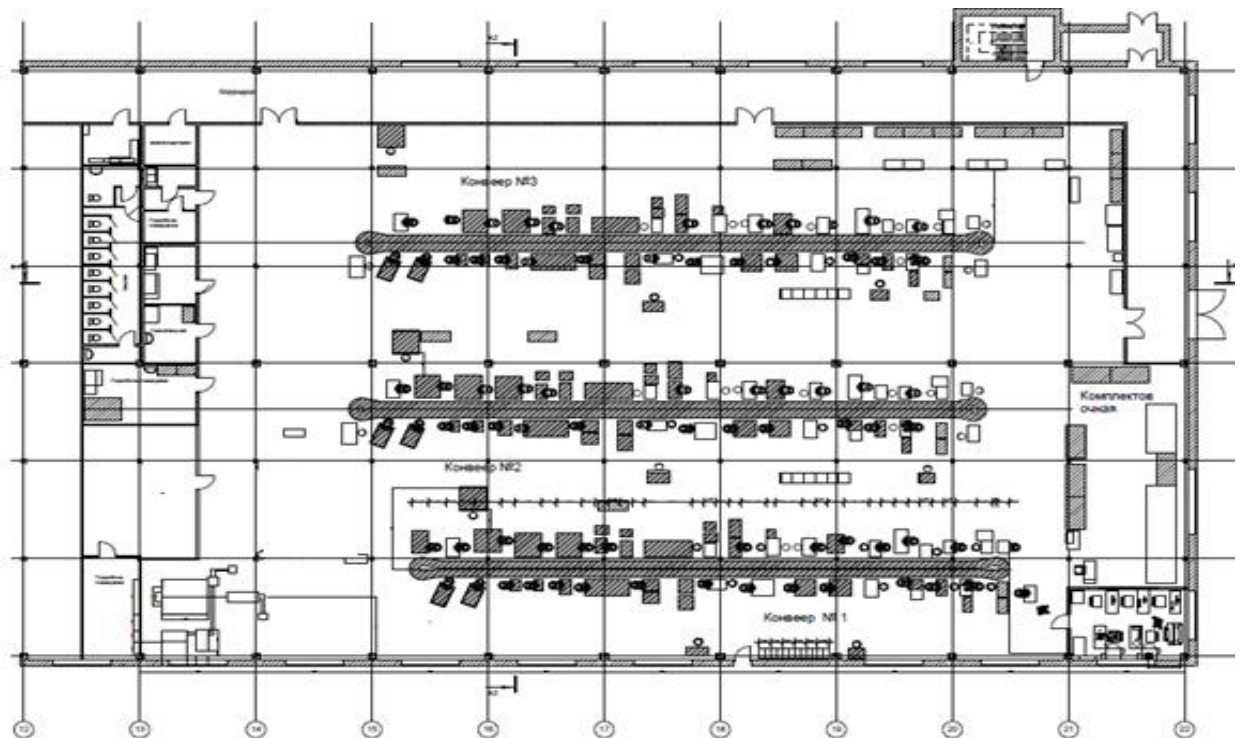


Рисунок 2.4 — Производственный цех сборки обуви

В сборочном цехе выполняются операции по формированию и клеевой затяжке заготовок верха обуви на колодке, поступивших из заготовочного цеха, с

последующим креплением деталей низа. Цех представлен большим разнообразием производственного оборудования, которое предназначено для повышения производительности труда и качества выпускаемой продукции: 3 конвейера, машина для формования пяточной части, машина для затяжки носочно-пучковой части обуви, сушильные камеры разных типов, машина для глажения воздухом, машина для предварительного прикрепления стельки скобами, машина для взъерошивания затяжной кромки, машина разметочная, машина для околачивания следа обуви, борто-прошивная машина, термоактиватор для активации клеевых пленок, пресс пневматический для прикрепления подошв, машина для холодной полировки обуви.

В настоящее время типовая технология производства обуви клеевого метода крепления насчитывает 78 операций [120]. В результате научно-технического прогресса на современных обувных фабриках количество операций сборки обуви можно существенно сократить. Так на предприятии АО «Егорьевск-обувь» в сборочном цехе их насчитывается порядка 40, в зависимости от вида производимой продукции (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Перечень операций технологического процесса сборки обуви клеевого метода крепления

№ п/п	Перечень операций
1.	Получение заготовок, запуск заготовок на конвейер согласно плана-производства в размерном ассортименте по графику запуска
2.	Увлажнение заготовок верха обуви
3.	Дублирование подкладки с верхом заготовки
4.	Обстрачивание заготовок по затяжной кромке
5.	Чистка колодок
6.	Вклеивание задника
7.	Подбор колодок
8.	Прикрепление основной стельки
9.	Предварительное формование пяточной части заготовки верха обуви
10.	Надевание заготовки верха обуви на колодку и установка пяточной части. Обтяжка и клеевая затяжка носочно-пучковой части заготовки. Активация подноски.
11.	Намазка затяжной кромки заготовки верха обуви и стелек клеем. Сушка
12.	Перетяжка заготовки верха обуви
13.	Затяжка геленочной части заготовки верха обуви
14.	Активация клеевой пленки пяточной части заготовки верха. Затяжка пяточной части.

№ п/п	Перечень операций
15.	Затяжка геленочной части заготовки верха обуви
16.	Околачивание пяточной части обуви
17.	Удаление стелечных крепителей
18.	Сушка обуви
19.	Взъерошивание затяжной кромки. Срезание складок в носке. Удаление пыли
20.	Галогенирование подошвы. Сушка
21.	1-ая намазка затяжной кромки следа обуви. Сушка
22.	1-ая намазка подошвы. Сушка
23.	2-ая намазка затяжной кромки следа обуви. Простилание следа обуви. Сушка.
24.	2-ая намазка подошвы. Сушка
25.	Активация клеевых пленок на подошве и затяжной кромке. Приклеивание подошв
26.	Выстой обуви
27.	Снятие обуви с колодок. Разрезание временной шнуровки на берцах. Чистка заусенцев, проверка и чистка гвоздей внутри обуви, устранение неровностей
28.	Ручная отделка обуви
29.	Чистка верха обуви, подкладки
30.	Клеймение полноты на подошве
31.	Ретуширование верха обуви
32.	Нанесение товарного знака с липкой ленты на вкладную стельку
33.	Вклеивание /вставка/ вкладной стельки
34.	Застегивание пряжки, молнии, шнурование
35.	Обжиг
36.	Вставка каркасов
37.	Изготовление коробок
38.	Наклеивание этикеток на коробки
39.	Упаковка обуви
40.	Комплектовка обуви

На обувной фабрике АО «Егорьевск-обувь» в цехе сборки обуви при выполнении клеевых операций применяется полихлоропреновый и полиуретановый клеи. Поэтому в диссертационной работе для оценки и моделирования распространения вредных веществ в воздухе рабочей зоны рассматривались пары органических растворителей ацетона и этилацетата.

ООО «Тучковская обувная фабрика» (рисунок 2.5) является мелкосерийным предприятием, производственной мощностью 500 пар в смену. Фабрика состоит из административного здания и двух цехов, в которых осуществляется сборка обуви литьевым и клеевым методами крепления. Основу организация производственных процессов на предприятии составляет РИНК-система.



Рисунок 2.5 — Производственное предприятие ООО «Тучковская обувная фабрика»

РИНК-система обувной фабрики ООО «Тучковская обувная фабрика» обеспечивает гибкость производства с получением продукции высокого качества. Если, например, на рынке большим спросом пользуется обувь литьевого метода крепления, а через некоторое время спрос на рынке будет удовлетворять обувь клеевого метода крепления, то предприятие может в кратчайшие сроки изменить технологический процесс производства продукции. В результате чего не происходит затоваривания складских помещений. Так же необходимо отметить, что для реализации РИНК-системы требуется небольшое количество рабочего персонала, но при этом он должен быть высококвалифицированным, то есть работник должен уметь выполнять не одну конкретную операцию, а сразу несколько. Поэтому в условиях непрерывного производства необходимо обеспечить соответствующее обучение рабочего персонала.

Идеальной или универсальной технологии РИНК не существует, потому что необходимо учитывать особенности каждого обувного предприятия: наличие технологического оборудования, площадь производственного помещения, вид выпускаемой обуви. Поэтому организацию производственного процесса на обувной фабрике ООО «Тучковская обувная фабрика» можно представить следующим образом (рисунок 2.6)

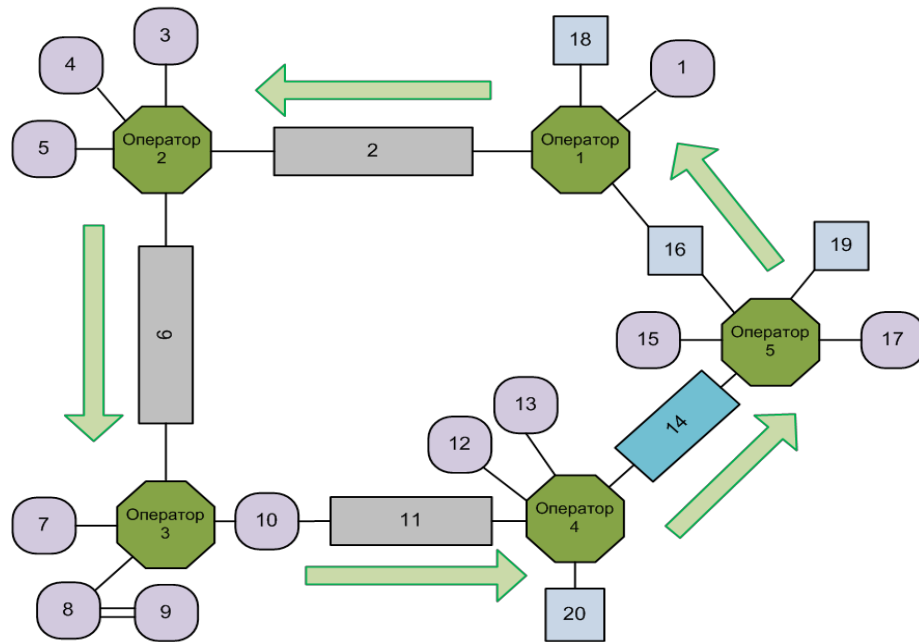


Рисунок 2.6 — Схема технологического процесса сборки обуви по системе РИНК

При сборке обуви клеевого метода крепления оператор I на машине 1 скобками прикрепляет основную стельку к следу колодки. Колодки и стельки находятся на стеллажах-тележках 16 и 18 соответственно. Затем он надевает заготовку верха на колодку и устанавливает ее в проходную установку 2. В установке заготовка верха подвергается увлажнению и одновременно с колодкой транспортируется к оператору II, который на машине 3 осуществляет обтяжку и клеевую затяжку носочно-пучковой части заготовки верха обуви и устанавливает колодку с заготовкой на машину 4 для затяжки пяточно-геленочной части. После затяжки обувь поступает в проходную установку 6 для влажно-тепловой обработки заготовки верха на колодке и транспортируется к оператору III. Снятие колодки с затяжной машины 4 и установка ее на машину 6 может осуществляться в автоматическом режиме. Оператор III принимает обувь, срезает складки на затяжной кромке на машине 7, образовавшиеся после затяжки в носочной и пяточной частях, и помещает ее в автомат 8 для взъерошивания следа обуви. При взъерошивании пыль остается в пылесборнике 9. После нанесения клея на след машиной 10 обувь поступает в проходную сушилку 11 и затем к оператору IV. Он помещает обувь в термоактиватор 12 для активации клеевой пленки на следе и подошве и приклеивает подошву на прессе 13. Подошвы находятся на стеллажах тележках 20. После приклеивания обувь на колодках поступает в холодильную

камеру 14 с транспортирующим устройством. Оператор V на машине 15 снимает обувь с колодки. Готовая обувь транспортируется на участок окончательной отделки, а колодки складываются на стеллаже-тележке 16.

В диссертационной работе обследование обувной фабрики ООО «Тучковская обувная фабрика» проводилось в рамках специальной оценки условий труда на рабочих местах, в части контроля качества воздуха рабочей зоны. Установлено, что концентрации этилацетата на рабочем месте клеевой затяжки носочно-пучковой и пяточной частей заготовок верха обуви при использовании полихлоропренового клея составили меньше $0,1 \text{ ПДК}_{\text{мр}}$, то есть меньше 20 мг/м^3 .

2.3. Характеристика операций технологических процессов, сопровождающихся выделениями твердых загрязняющих веществ

Первый этап технологического цикла производства обуви — кожу, заменители кожи, ткани и другие рулонные и листовые материалы, поступившие на обувную фабрику, проверяют по виду, количеству штук в пачке, площади, сортности, толщине (категориям), ширине и метражу согласно товарно-транспортной накладной. После чего подвергают сортировке и лабораторным испытаниям, делят на производственные партии и, наконец, отправляют в цехи раскроя и разруб [105, 113, 114]. Операции раскроя и разруб сопровождаются выбросами аэрозолей в воздух рабочей зоны.

После сортировки составляются задания на раскрой и разруб для каждой производственной партии. Задания должны способствовать эффективному использованию материалов в соответствии с их раскройными свойствами и потребностью в различных видах, родах, размерах деталей обуви. Задания предусматривают комбинирование видов, родов и размеров деталей и составляются на базе действующих норм использования материалов на детали верха, низа с учётом фактических чистых площадей деталей, видов и размеров обуви.

При наличии моделей с заготовками верха различных конструкций крупные детали (сапожки, ботинки и полуботинки с целыми деталями) дополняют разрезными деталями [104, 121].

Для некоторых конструкций заготовок верха составляют такие комбинации с деталями других моделей и видов обуви, чтобы можно было эффективно использовать все участки кож. При раскрое кож небольшой площади (до 60 дм²) в комбинацию включают детали малых размеров (до 0,5 дм²) для полного использования периферийных участков. Так, детали туфель, выкраиваемые из шевро и козлины, комбинируют, например, с деталями дошкольных лодочек.

После того, как задание на раскрой и разруб сформировано, переходят к подбору производственных партий материалов в соответствии с потребностью цеха. Для лучшего использования кожи по плотности, толщине, ширине, площади и цвету её дополнительно сортируют из-за недостаточности заводской сортировки. Партии подбирают по однородным признакам — группам площади, толщине, степени прочности, оттенкам окраски, назначению. Не допускается одновременная выдача однородных и неоднородных кож на рабочее место раскройщика и вырубщика [104, 121].

Производственные партии кож подбирают также по сортности, учитывая среднюю площадь одной детали. Для раскроя моделей с крупными деталями необходимы кожи более высокой сортности, для раскроя моделей с мелкими деталями — кожи низких сортов, для сокращения отходов.

Из подобранных по назначению, цвету, артикулу, ширине и сорту тканей, синтетических и искусственных кож готовят многослойный настил. Предварительно подсчитывают оптимальную длину настила (не менее 5 м, чтобы потери от неkratности длины выкраиваемых деталей и настила были равны нулю), устанавливают необходимое число кусков и общий метраж настила.

Слои настила выравнивают по одной из кромок и модели располагают не далее, чем на 5 мм от края. Натяжение по краям материала должно быть равномерным.

Настил скрепляют так, чтобы несмотря на большое количество слоёв, при раскрое они не сдвигались. Сдвиг слоёв ведёт к увеличению межмодельных мостиков и снижению показателя использования площади материалов. Применяют автоматизированные и неавтоматизированные способы раскроя.

Как правило, кожи на детали верха раскраивают неавтоматизированными способами на прессах. Перед раскроем рабочий проверяет правильность подбора производственных кож по количеству и назначению на детали по выписанному заданию. Также проверяются на правильность подбора резак и шаблоны и их пригодность для работы.

Для верха обуви раскраиваются наружные (носок, союзка, беред, задинка, язычок), внутренние (подкладка, штаферка) и промежуточные детали (межподкладка, боковинки, задник, подносок, и др.). Для низа обуви вырубается наружные (подошва и каблук, приставка, рант, приставка,), внутренние (основная стелька, подпяточник, вкладная стелька) и промежуточные (простилка, подпяточник).

Кроме большого числа составных деталей верха и низа обуви, необходимо обратить внимание и на ассортимент материалов, из которых эти детали раскраиваются. К наиболее часто используемым можно отнести:

- кожи (для раскроя на детали верха и низа обуви);
- искусственные кожи (для замены натуральных кож);
- пласткожа (для замены подошвенной кожи);
- обувные картоны (для изготовления стелек, полустелек, задников, геленков);
- искусственные кожи на тканевой основе (для изготовления стелек);
- искусственные кожи на волокнистой основе (для раскроя рантов);
- обувные ткани (для изготовления верха обуви, подкладок, межподкладок) [105, 113, 114].

Наружные детали верха и подкладки обуви кожи раскраивают по методу сквозного раскроя, при котором вся площадь кожи раскраивается с начала и до конца одним рабочим. Кожи лучшего качества можно раскраивать без соблюдения

принципа полной комплектности, но с учётом наиболее целесообразного использования топографических участков: из отдельных кож выкраивают недостающие детали для комплектования партии в течение смены.

Кожу для верха обуви обычно раскраивают на детали, составляющие комплект. Чтобы при этом не ухудшилось использование площади чепрака, выкраивают комплекты деталей для нескольких видов обуви в соотношениях, обеспечивающих рациональное использование всех топографических участков кожи (рисунок 2.7).

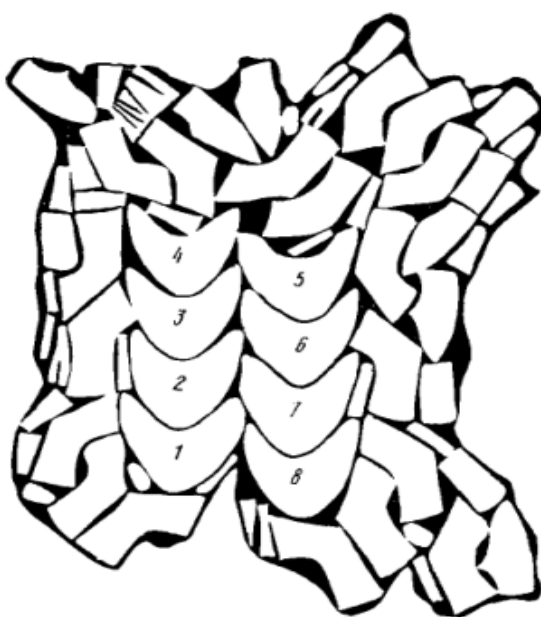


Рисунок 2.7 — Схема раскроя кожи на детали мужских полуботинок и женских спортивных туфель [122].

Кожу на детали низа обуви разрубают на прессах. Кожу укладывают на колоду или металлическую плиту лицевой поверхностью вверх, осматривая при этом кожу на наличие пороков. Каждую кожу разрубают отдельно. Комбинации резаков по фасонам и моделям подбирают так, чтобы максимально использовать кожу.

Основным методом разруба кож для низа обуви является сквозной метод без соблюдения комплектности, то есть детали вырубает лишь в соответствии с раскройными свойствами кожи и требованиями к деталям. Требуемый комплект

деталей низа обуви обеспечивается подбором производственных партий кож по видам и категориям в соответствии с планируемыми заданиями на разруб.

Многослойные настилы раскраивают на прессах или ленточных машинах. Раскрой многослойных настилов предшествует составление технологической карты раскроя, предусматривающей рекомендуемые системы укладки моделей (при разрубе на прессах) и разметки-трафареты для переноса его на верхний слой многослойного настила (при раскрое на ленточных машинах). При выполнении технологических операций в раскройном и вырубочном цехах работник подвергается воздействию негативных производственных факторов.

Вырубленные или формованные детали низа должны быть обработаны для обеспечения точного и прочного прикрепления их к верху обуви. Характер обработки зависит от назначения и материала деталей, конструкции и метода крепления с верхом обуви.

Выравнивание по толщине выполняют для деталей, из кожи. Выравнивание производят на проходных валичных машинным путём срезания излишков материала неподвижным ножом, уставленным позади рабочих валиков.

Шлифование выполняют для удаления поверхностных повреждений (для подошв из кожи), подготовки деталей к сборке и отделке. Для шлифования применяют шлифовальные шкурки, шлифовальные круги или алмазные барабаны.

Операцию «надсекание деталей» выполняют для повышения гибкости обуви. Надсекают кожаные стельки для обуви клеевого, рантового, допдельного и литьевого методов крепления.

Операцию «профилирование (спускание краёв) деталей» выполняют для придания плоским деталям заданного профиля.

Операцию «взъерошивание деталей с неходовой стороны» выполняют для кожаных подошв и подложек, формованных подошв из полимерных материалов, кожаного слоя рантовых стелек с искусственной губой для увеличения прочности склеивания.

Завершающий изготовление обуви этап — **отделка обуви**. В процессе отделки деталям низа, вырубленным из листовых материалов, придают

определённые форму и внешний вид, на деталях верха и подкладки устраняют дефекты, возникшие при изготовлении обуви, восстанавливают первоначальный вид материалов. Внешний вид обуви в большой степени зависит от свойств материалов верха и низа обуви. По назначению отделочные операции подразделяют на группы: контурная обработка деталей низа в соответствии с формой колодки; подготовка обуви к нанесению отделочных покрытий; нанесение отделочных покрытий. По способу выполнения отделочные операции подразделяют на механические и химические. К механическим операциям относят фрезерование, шлифование, уплотнение, чистку щётками, утюжку и др. К химическим — промывку, химическую чистку, нанесение закрепителя, грунтование, ретуширование, окрашивание, тонирование, аппретирование.

Отделка кожаного низа подошвы включает в себя следующие операции:

- фрезерование уреза подошвы, каблука и набойки;
- шлифование боковой поверхности каблука;
- подборка края подошвы в крокульной части;
- нанесение закрепителя на боковую поверхность каблука и урез подошвы;
- окончательное шлифование боковой поверхности каблука и др.

Фрезерованием удаляют излишки материала по контуру деталей и придают урезу определённую форму и гладкую поверхность. Фрезерование заключается в том, что острыми клиновидными ножами, вращающимися с большой частотой, фреза срезает тонкие стружки с торцовой поверхности обрабатываемой детали. Урез подошвы фрезеруют по всему контуру или до пяточной части. После фрезерования урез подошвы в обеих полупарах должен иметь одинаковый контур, соответствующий контуру колодки. Боковая поверхность каблука после фрезерования должна составлять прямой угол с ходовой поверхностью подошвы. Однако, в соответствии с направлением моды возможно фрезерование каблуков на конус.

Шлифованием придают гладкость урезу резиновых подошв, боковой поверхности кожаного и резинового каблуков. Кроме того, шлифуют ходовую поверхность кожаных и резиновых деталей низа для увеличения адгезии отделочных покрытий. Урез пористых или комбинированных подошв из кожи и резины шлифуют один раз, боковую поверхность резиновых каблуков — два раза. Кожаные каблуки шлифуют в три приёма. Перед третьим шлифованием на боковую поверхность кожаных каблуков наносят закрепитель — для получения более гладкой поверхности. После шлифования пыль удаляют волосяными щётками.

На основе анализа технологических процессов производства обуви как источника загрязнения воздушной среды предприятия твердыми загрязняющими веществами (аэрозолями), можно сделать вывод, что наибольшим количеством выбросов пыли в воздух рабочей зоны характеризуются этапы раскроя и сборки обуви.

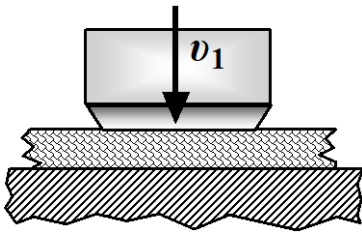
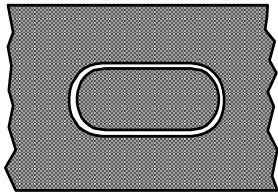
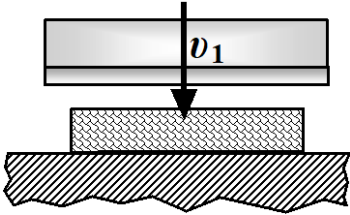
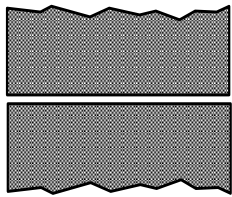
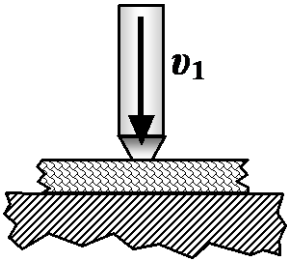
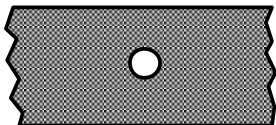
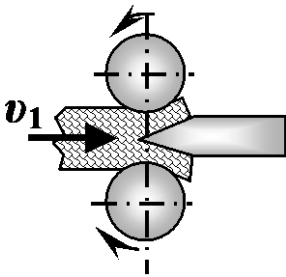
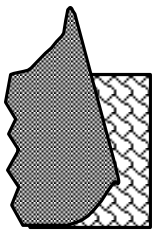
2.4. Методы расчета пылевыведений на этапе механической обработки сборки обуви

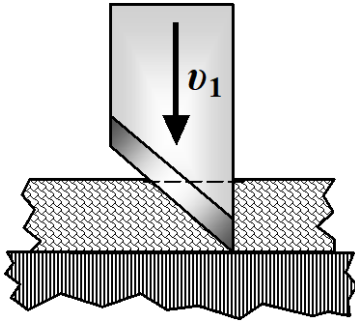
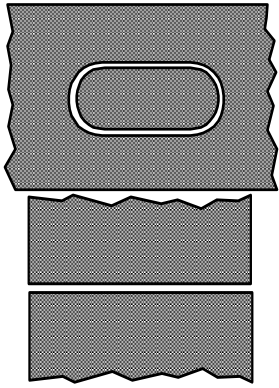
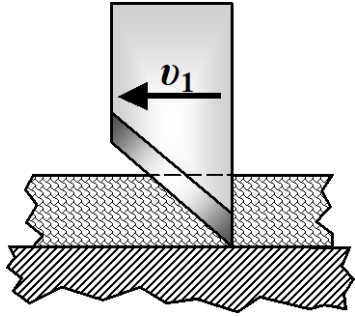
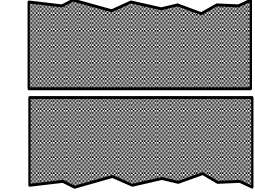
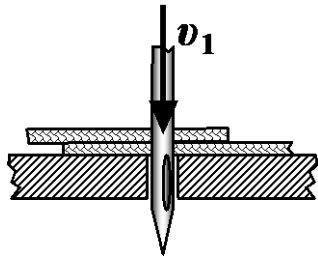
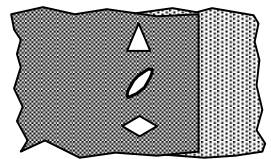
Разновидности механической обработки в производстве обуви и кожгалантерейных изделий представлены в таблице 2.3

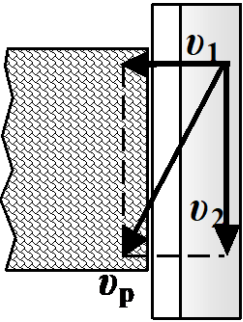
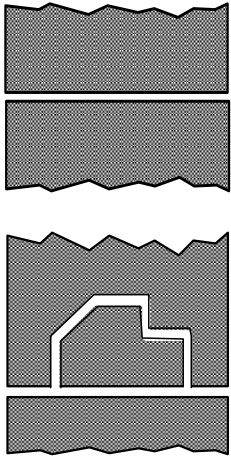
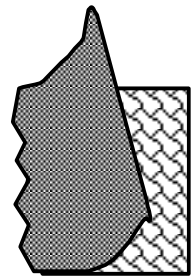
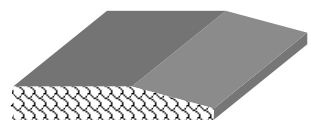
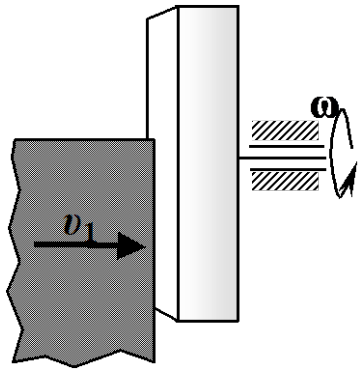
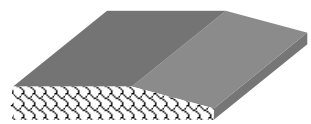
В таблице представлены операции, в которых материал подвергают тому или иному механическому воздействию. К таким операциям относятся: раскрой материала на детали верха, перфорирование деталей, выравнивание деталей верха по толщине, спускание краев деталей верха, взъерошивание краев деталей верха, вырубание материала на детали низа, фрезерование уреза подошвы.

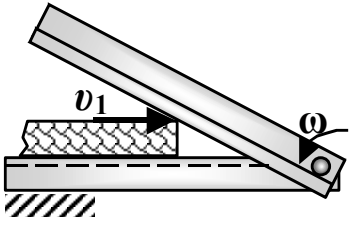
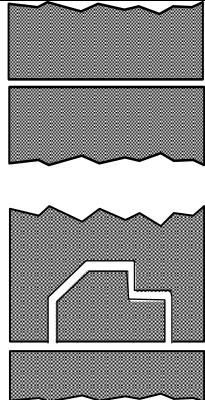
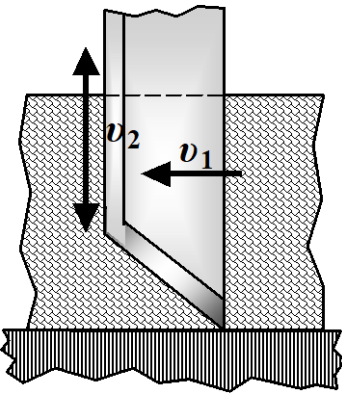

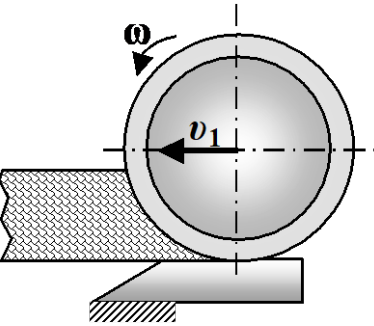

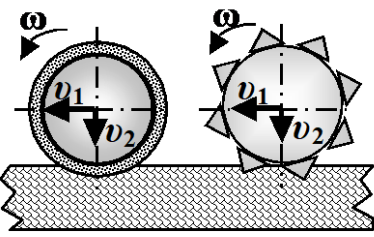
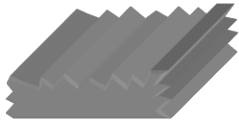
Для каждой из вышеприведенных операций производств обуви и кожгалантерейных изделий существуют нормативы обработки S (мм) для разных классов толщин (таблица 2.3).

Таблица 2.3 — Разновидности механической обработки в производстве обуви и кожгалантерейных изделий

Применение в технологических операциях	Схема взаимодействия лезвия с материалом	Результат резания (вид линии реза)
1	2	3
Рубящее (простое) резание, резание способом ножа		
<p>Вырубание деталей резаками на прессах из одиночных материалов или их настилов.</p>		
<p>Рассекание подвижным ножом прессы настилов бумаги или картона на каркасные детали кожгалантерейных изделий.</p>		
<p>Перфорирование деталей (пробивка отверстий).</p>		
<p>Выравнивание по толщине (двоение) деталей низа обуви с их подачей валками на неподвижный нож.</p>		

1	2	3
Наклонное резание (простое косоугольное способом ножа)		
<p>Автоматизирован-ный раскрой материалов на детали обуви ножами с торцевой наклонной режущей кромкой, взаимодействие нижней кромки лезвия плоского стержневого ножа ПРМ при раскросе или разделении настила.</p>		
<p>Раскрой, разделение или обработка материалов ручным ножом.</p>		
<p>Просекание обувных и кожгалантерейных материалов.</p>		

1	2	3
Скользящее резание (сложное резание подвижным ножом)		
<p>Раскрой или разделение настилов материалов на стационарных машинах с «бесконечным» ленточным ножом, взаимодействие вертикальной кромки лезвия плоского стержневого ножа ПРМ или РА с настилом.</p>		
<p>Выравнивание по толщине (двоение, шпальтование) деталей верха обуви и деталей кожгалантерейных изделий из кожи.</p>		
<p>Профилирование (спускание) краев деталей обуви и кожгалантерейных изделий.</p>		

1	2	3
Комбинированное резание		
<p>Разрезание и раскрой материалов в производстве кожгалантерейных изделий.</p>		
<p>Раскрой материалов и их настилов на РА, раскрой и разрезание настилов с помощью ПРМ с плоским стержневым ножом.</p>		
<p>Раскрой и разделение настилов материалов при помощи ПРМ с дисковым вращающимся ножом</p>		
<p>Обработка материалов многолезвийным режущим инструментом (взъерошивание, шлифование, фрезерование).</p>		

В настоящее время не существует нормативно закрепленных методов расчета пылевыведений при механической обработке как в обувном, так и в кожевенно- меховом производстве.

Для определения количественного значения выделяемых твердых загрязняющих веществ **автором предлагается использовать следующий метод** расчета. Для определения максимального разового выброса необходимо знать не только толщину используемого материала, скорость обработки и нормативы выполнения операции, но и плотность материала:

$$m_{зв} = S \cdot A \cdot V \cdot \rho \quad (2.1)$$

где: $m_{зв}$ – максимальный выброс загрязняющего вещества, г/с;

S – норматив обработки (глубина или ширина), мм;

A – толщина, удаляемого слоя материала, мм;

V – скорость обработки, мм/с;

ρ – плотность материала, г/мм³.

Скорость выравнивания 250 мм/с, скорость спуска 750 мм/с. Взьерошивание краев деталей верха производят последовательно, строго по намеченным участкам на ширину 7-10 мм, со скоростью 120 мм/с. Фрезерование уреза подошвы производят по всему периметру подошвы на глубину 3-4 мм, со скоростью 60 мм/с (если обрабатывается штучно) и 40 мм/с (если обрабатывается 6 одновременно)

Проведем, для примера, расчет выделения загрязняющих веществ на операции «спускание под строчку» деталей верха обуви из натуральной кожи толщиной $A=0,7$ мм (скорость обработки $V=750$ мм/с; $S=3$ мм (таблица 2.4).

Практически плотность кожи колеблется от 0,25-0,30 до 1,20-1,25 г/см³ [104], что составит от 0,00025-0,0003 до 0,00120-0,00125 г/мм³.

$$m_{зв} = 3 \text{ мм} \cdot 0,7 \text{ мм} \cdot 750 \frac{\text{мм}}{\text{с}} \cdot 0,0005 \frac{\text{г}}{\text{мм}^3} = 0,79 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Таблица 2.4 — Нормативы обработки материалов S в мм

Операция	Детали из хромовых кож при интервалах первоначальных толщин, мм								Детали из юфтевых кож при интервалах первоначальных толщин, мм						Детали из синтетических и искусственных материалов при интервале первоначальной толщины 1,1-1,7 мм	
	0,5 - 0,9 мм		1,0 – 1,2 мм		1,3 мм и выше		1,5 мм и выше (для бесподкладочной обуви)		1,5 – 1,8 мм		1,8 – 2,2 мм		2,2 - 3,0 мм			
	толщина после обработки	ширина спущенного края	толщина после обработки	ширина спущенного края	толщина после обработки	ширина спущенного края	толщина после обработки	ширина спущенного края	толщина после обработки	ширина спущенного края	толщина после обработки	ширина спущенного края	толщина после обработки	ширина спущенного края		
Выравнивание деталей верха по толщине:																
все детали	0,7	-	1,1	-	1,4	-	1,7	-	1,7	-	2,0	-	2,5	-	-	-
в том числе банты, язычки, обтяжки и др.	0,4	-	0,5	-	0,6	-	0,6	-	1,0	-	1,1	-	1,2	-	0,6	-
Спускание краев деталей верха:																
под строчку	0,3-0,4	3,0	0,5-0,6	4,0	0,6-0,7	5,0	1,0	6,0	1,0	6,0	1,5	8,0	2,0	10,0	0,5-0,7	4,0
под загибку	0,2-0,3	6,0	0,3-0,4	7,0	0,4-0,6	8,0	0,5-0,7	10,0	0,8	12,0	1,0	14,0	1,2	16,0	0,5-0,9	8,0
под выворотку	0,2-0,45	10	0,5-0,6	10	0,6-1,0	10	0,8-1,0	10	-	-	-	-	-	-	0,6-0,9	11
под горячее формование (обжиг) и под окрашивание	-	-	0,7-0,8	2,0	1,0-1,1	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
под точной шов	0,6	1,5	1,0	2,0	1,3	3,0	1,5	3,5	1,5	3,5	1,8	4,0	2,2	5,5	-	-

Результаты расчетов для всех интервалов толщин натуральной кожи, а также синтетической и искусственной кож толщиной 1,4 мм и 1,1 мм соответственно, для различных технологических операций представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 — Максимально разовый выброс (выделение) загрязняющих веществ (г/с) от технологических операций механической обработки деталей верха и низа обуви

Материал	Толщина, мм	Спускание краев деталей верха					Выравнивание деталей верха по толщине	Взъерошивание деталей верха под клеевые соединения
		под строчку	под загибку	под выворотку	под горячее формование и под	под тачной шов		
Хромовая кожа	0,5-0,9	0,79	1,58	2,63	-	0,39	8,75	0,42
	1,0-1,2	1,65	2,89	4,13	0,83	0,83	13,75	0,66
	1,3 и выше	2,44	3,90	4,89	1,46	1,46	16,25	0,78
	1,5 и выше	3,38	5,63	5,63	-	1,97	18,75	0,9
Юфтевая кожа	1,5-1,8	3,83	7,65	-	-	2,23	21,25	1,02
	1,8-2,2	6,0	10,5	-	-	3	25	1,2
	2,2-3,0	9,34	15,0	-	-	5,16	31,25	1,5
Синтетическая кожа	1,4	1,68	3,36	4,62	-	-	14	
Искусственная кожа	1,1	2,64	5,28	7,26	-	-	22	

Результаты аналогичных расчетов для операции фрезерования уреза подошвы из расчета на одну подошву как при обработке штучно, так и при обработке в пачке по шесть подошв представлены в таблице 2.6

Таблица 2.6 — Максимально разовый выброс (выделение) загрязняющих веществ (г/с) от технологической операций фрезерования уреза подошвы из расчета на одну подошву

Материал	Фрезерование уреза подошвы	
	штучно	в пачке по 6
Пористые резиновые пластины и подошвы	1,15	0,79
Непористые резиновые пластины и подошвы	1,56	1,04
Кожеподобная резина кожволон с волокнистым наполнителем	0,50	0,34

Таким образом разработан метод расчета пылевыведений, позволяющий определить количество пыли, образующейся в процессе механической обработки обувных и кожгалантерейных материалов. Данный метод может являться основой для определения граничных условий при построении модели тепломассопереноса для оценки негативного воздействия технологических процессов производства обуви на производственный персонал и окружающую среду.

2.5. Характеристика операций технологических процессов, сопровождающихся выделениями газообразных загрязняющих веществ

В зависимости от вида используемого клея различают два способа клеевой сборки деталей стелек. При применении клея концентрацией 23-25 % его наносят на обе детали. Детали промазывают клеем. Сушка проводится в течение 10–15 мин. Затем складывают детали так, чтобы они совпадали по контуру, и дублируют, пропуская между рабочими валками машины для предварительного формования. При использовании казеинового, поливинилацетатного или латексного клея его наносят на одну из деталей. Для склеивания собранные детали укладывают в кассеты и прессуют. Клей наносят на всю склеиваемую поверхность. Формование кожаных стелек производится на прессах. Профиль следа стельки (подошвы) должен соответствовать профилю колодки данного фасона и размера. Режим формования зависит от конструкции и материала деталей.

Технологический процесс раскроя и разруба материалов на детали верха и низа обуви сопровождается выделением в воздух рабочей зоны пыли. Состав пыли различается, в зависимости от материала, подлежащего раскрою или разрубке, преимущественно содержит взвешенные частицы частиц кожи, резины и текстиля.

Следующий этап производства обуви — обработка деталей верха и сборка заготовок верха обуви. Комплект скреплённых деталей верха, закрывающих часть или всю тыльную поверхность стопы, голень или часть её, а иногда и бедро, называют заготовкой верха обуви. Детали, составляющие заготовку верха обуви, подразделяют на наружные, внутренние и промежуточные.

Комплект внутренних деталей верха, предназначенный для повышения гигиенических и теплозащитных свойств, формоустойчивости обуви, а также изоляции ног от швов наружных деталей верха, называют подкладкой.

Комплект промежуточных деталей верха, предназначенный для повышения формоустойчивости верха обуви, называют межподкладкой.

Все детали верха обуви перед сборкой в заготовку предварительно обрабатывают. Характер обработки деталей верха обуви зависит от вида и назначения обуви, материала детали. Помимо выравнивания деталей верха по толщине, подрезания и утонения краёв с торца для достижения максимально комфортной эксплуатации обуви, проводится обработка видимых краев для улучшения внешнего вида обуви. В зависимости от вида и назначения обуви, материалов верха, положения деталей в заготовке применяют различные способы обработки краев: окрашивание, отсекание, горячее формование, загибку, окантовку тесьмой, токами высокой частоты, выворотку [104, 121, 123].

Собственно сборка заготовки верха обуви заключается в скреплении деталей ниточными и химическими методами с образованием пространственно замкнутого контура.

В обувной промышленности используют клеевой, сварной, клеесварной, метод горячей вулканизации и другие химические методы скрепления деталей обуви. К достоинствам данных методов относят высокую производительность труда, герметичность клеевого шва, сохранение первоначальной прочности материала, который не ослабляется проколами иглы, простоту выполнения технологических операций, точность и качество сборки заготовок обуви, экономию материала в результате уменьшения припуска на шов, возможность механизации и автоматизации процесса, так как только при этих методах возможно одновременное крепление нескольких деталей на автоматах.

Клеевую сборку деталей проводят последовательно или по принципу сборки в пачку. В первом случае последовательно соединяют детали верха, затем подкладки и после этого подкладку по верхнему канту скрепляют с верхом. Во втором случае сборку осуществляют на специальной матрице с центрирующим приспособлением.

Все детали после нанесения клея на места скрепления и сушки складывают в таком порядке, как они должны быть в заготовке верха. Затем в прессе, верхняя подушка которого сделана из мягкой резины, одновременно склеивают всю заготовку.

Сваркой в обувном производстве соединяют детали обуви из искусственных и синтетических материалов. Сварной шов образуется в результате диффузии сегментов макромолекул свариваемых материалов в зоне их контакта. Таким образом, при сварке деталей из искусственных и синтетических материалов не нужны клеи, как при клеевых методах крепления, или нитки, как при ниточных. Материалы не ослабляются проколами или взъерошиванием. Свариваются не только плёнки или искусственные кожи с плёночным покрытием, но и ткани, содержащие термопластичные волокна — капрон, лавсан, нитрон.

В настоящее время сборку заготовок верха обуви производят преимущественно ниточными методами крепления, с образованием ниточных швов [6], которые классифицируют по способу образования стежка, виду строчки, взаимному расположению скрепляемых деталей и числу строчек.

Эта технологическая операция практически не несёт негативного влияния на воздух рабочей зоны, так как применение ниточного метода сопровождается незначительным выделением пыли, образующейся в результате прокола материала иглой швейной машины.

Кроме ниточных методов сборки, существует ряд химических методов сборки заготовки верха обуви, которые делятся на клеевые, сварные, клеесварные и горячей вулканизации [105, 110, 111, 113, 114].

Клеевые методы сборки заготовки верха обуви используются для вспомогательного и второстепенного склеивания деталей. Вспомогательное склеивание облегчает выполнение основных операций скрепления, к которым относится, например, предварительное склеивание наружных деталей верха обуви, склеивание верха и кожаной подкладки по канту [105, 110, 111, 113, 114]. Второстепенное склеивание применяется, если к клеевому шву не предъявляются требования высокой прочности, например наклеивание межподкладки, межподблочников и боковинок. При выполнении клеевых операций сборки

заготовки верха обуви применяют латексные клеи, в составе которых отсутствуют органические растворители, поэтому в воздух рабочей зоны вредные вещества практически не выделяется [101, 102].

Развитию клеесварных методов и методов горячей вулканизации для сборки заготовок верха обуви способствовало всё более широкое применение искусственных и синтетических кож. Использование такого сырья обеспечивает высокую прочность соединения (за счёт термопластичных свойств материалов) и отсутствие необходимости применения вспомогательных материалов. Выполнение сборки верха обуви такими методами требует использования современного оборудования, что, в свою очередь гарантирует обеспечение нормативных показателей качества воздуха рабочей зоны, так как такое оборудование, во-первых, автоматизировано, во-вторых, оснащено качественными системами местной вентиляции.

Заготовки, собранные в узлы (количество узлов зависит от вида и конструкции заготовок верха), поступают на третий этап - сборку обуви. Сборка обуви — технологически самый сложный процесс — здесь производится подбор колодок, подготовка заготовок к формованию, формование заготовок и фиксация формы верха обуви, подготовка следа к креплению подошв и крепление подошв, механическая и физико-химическая отделка обуви.

Процесс формования заготовок верха состоит из следующих групп операций: подготовительные, непосредственно формование, фиксация формы верха обуви.

К подготовительным операциям, предшествующим формованию, относятся подготовка колодок и крепление стелек (подошв), подготовка заготовок верха, вклеивание подносков и задников, предварительное формование пяточной части.

Многие операции подготовки колодок являются общими для обуви разных методов формования, однако характер и последовательность операций могут меняться. Подготовка колодок включает в себя их подбор по фасону, размеру, полноте, а также их чистку и намазку. После того, как колодка готова, лицевой поверхностью к ней крепят стельку.

В обувном производстве используется большое разнообразие клеев. В их основу входит адгезив (адгезионно-активный полимер), который обеспечивает прочность клеевого соединения. В зависимости от функционального назначения клея в его состав вводят различные компоненты и модифицирующие добавки. Например, повышенную термостойкость и теплостойкость придают вулканизирующие и смешивающие ингредиенты, для придания клеевому шву эластичности вводят пластификаторы, для изменения технологических и эксплуатационных свойств добавляют наполнители, загустители, стабилизаторы и растворители.

Современный ассортимент применяемых клеев в производстве обуви представлен очень широко. Прежде всего, клеи классифицируют по природе используемого полимера (рисунок 2.8) [124]:

- природные: животного и растительного происхождения;
- синтетические: термопластичные, термореактивные и эластомерные.



Рисунок 2.8 — Классификация клеев по природе происхождения

По физическому (фазовому) состоянию клеи классифицируют на 4 группы [125]:

- клеи-растворы;

- латексные клеи;
- клеи расплавы;
- сухие клеи.

Клеи-растворы представляют собой растворенные полимеры в органических растворителях (ацетон, этилацетат, бензин и другие). В настоящее время данные клеи наиболее распространены в обувном производстве. Это связано с простотой нанесения на склеиваемые поверхности, способностью быстро и легко проникать в поры материала, а также надежностью связи адгезива с субстратом. Поэтому, относящиеся к этой группе полихлоропреновые и полиуретановые клеи, применяют при приклеивании подошвы к затянутой заготовке верха обуви, где требуется создание надежного клеевого соединения. С точки зрения технологии, главным недостатком данных клеев является длительная сушка, а со стороны гигиены труда – высокая токсичность и канцерогенность паров органических растворителей, выделяющихся в воздух рабочей зоны.

Латексные (дисперсионные) клеи представляют собой коллоидные системы, в которых твердую фазу составляет полимер, а жидкую – вода, следовательно, они практически не оказывают негативного влияния на воздушную среду производственного цеха. При применении данной группы клеев практически не требуется сушка и термоактивация клеевой пленки, поэтому их применение нашли при выполнении операций вклеивания внутренних деталей обуви.

Клеи-расплавы основаны на термопластичных полимерах с добавками, регулирующими их свойства. Главной особенностью данной группы клеев является высокая технологичность, так как они наносятся в расплавленном виде на склеиваемые детали с одновременным их соединением. В результате происходит повышение производительности труда в цехах сборки заготовок верха обуви при выполнении операций клеевой затяжки и загибки краев деталей. Так же необходимо отметить их гигиенические свойства. Они практически не оказывают негативного влияния на воздух рабочей зоны в виду отсутствия в них органических растворителей.

В основу сухих клеев входят термопластичные полимеры с высокими адгезионными свойствами. В основном они выпускаются в виде порошка, пленки или липкой ленты.

В обувном производстве процесс склеивания делится на три группы, в результате чего существует еще одна классификация клеев [124, 125]:

- для основного склеивания (прочность крепления деталей обеспечивается только клеевым соединением): приклеивание подошв, сборка и затяжка заготовок верха обуви;
- для второстепенного склеивания (применяются дешевые клеи с умеренной прочностью): прикрепление задников, подносков, межподкладки и различных каркасных деталей;
- для вспомогательного склеивания: предварительная сборка деталей перед механическими и комбинированными методами крепления.

Несмотря на то, что в настоящее время на предприятиях по производству обуви применяется достаточно широкий ассортимент клеев, тем не менее, можно выделить четыре основные группы [125]: полихлоропреновые, полиуретановые, латексные и клеи-расплавы.

На отечественных предприятиях по производству обуви широкое применение нашли импортные клеевые низкотемпературные каучуки: Байпрен-330 (Германия), Скайпрен G-40Т (Япония), Бутахлор МА-40 (Франция) и многие другие [124, 125].

В связи с тем, что **полихлоропреновые клеи** обеспечивают высокую прочность, гибкость и эластичность клеевого соединения, в обувном производстве их применяют для операций основного склеивания. Адгезивом является полихлоропреновый каучук, являющийся основным элементом клеевой композиции, представляющий собой продукт низкотемпературной полимеризации хлоропрена. В композицию полихлоропренового клея кроме основного элемента входят:

- вулканизирующие агенты;
- адгезионно-активные смолы;
- стабилизаторы.

Для увеличения адгезионной связи к слабополярным полимерам вводят хлорсодержащие соединения, модифицирующие поверхность субстрата. Прочность клеевого соединения зависит от целого ряда факторов, носящих технологический и физико-механический характер [124, 125]:

- микрорельеф поверхности субстрата: степень удельной поверхности подложки влияет на площадь контакта на границе раздела и на скорость прохождения физико-химических процессов;
- реологические свойства клея: процесс смачивания и растекания адгезива по поверхности субстрата, увеличивая площадь контакта и в результате прочность склеивания;
- полярность материала: физико-химическая природа адгезива и субстрата;
- проникающая способность клея: прочность клеевого соединения, с точки зрения создания необходимой «глубины» клеевой пленки;
- толщина клеевой пленки: когезионные и аутогезионные свойства поверхностного слоя адгезива и глубина «грунтующего» слоя;
- способ нанесения и количество адгезива: формирование гомогенной клеевой пленки;
- температура и время термоактивации: получение клеевого соединения с высокой прочностью;
- давление и время прессования: получение клеевого соединения с высокой прочностью.

Полихлоропреновые клеи представляют собой раствор сложной по химическому составу клеевой композиции в смеси органических растворителей в соотношениях: полихлоропреновый каучук 10 – 25%, растворитель 90 – 75% [124, 125]. Химический состав композиции для полихлоропренового клея представлен в таблице 2.7.

Полихлоропреновый клей по санитарно-гигиеническим характеристикам является не безопасным. Входящие в его основу растворители: бензин, ацетон, этилацетат оказывают вредное воздействие при попадании на кожные покровы, а

летучие компоненты оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки верхних дыхательных путей.

Таблица 2.7 – Химический состав композиции для полихлоропренового клея

Композиция	Состав, мас. ч.		
	1	2	3
Наиритовый каучук (НТ)	100	70 – 35	50
Полихлоропреновый каучук (ПХК)	-	30	-
Импортные полихлоропреновые каучуки	-	0 – 35	50
Оксид цинка	10 – 20	15	10 – 15
Оксид магния	0 – 7	3	0 – 8
Канифоль	0 – 4	-	0 – 4
Тиурам Д	1,5	-	0 – 1,5
Трихлорид железа	0 – 1,5	0 – 1	0 – 1,5
Смола 101К	5 – 20	6 – 10	10 – 15
Хлорнаирит	0 – 10	0 – 10	-
Инден-кумароновая смола	5 – 20	-	10 – 15
Диоксид титана	-	-	0 – 5

Полиуретановые клеи появились в обувной промышленности с внедрением сильнополярных синтетических материалов, таких как полиуретаны и поливинилхлориды, используемые для деталей низа обуви.

Полиуретановый клей-раствор представляет собой композицию, состоящую из раствора термопластичного полиуретана (ТПУ) типа УК, ВЛАД, ВИТУР (Россия), «Десмоколл» (Германия), «Эластик» (Англия) в смеси органических растворителей и отвердителя типа полиизоцианат (Россия) или Десмодур (Германия).

Полиуретановые клеи готовят путем смешивания раствора уретанового каучука заданной концентрации (5 – 28%) в органических растворителях и 20%-го отвердителя (полиизоцианата) в соотношении 4 – 10 массовых частей на 100 массовых частей каучука. Раствор основного компонента клеевой композиции готовят в соответствии с таблицей 2.8 [103, 124–126].

Таблица 2.8 — Рецептура растворов полиуретанового клея

Композиция	Состав, мас. ч.					
	а	б	в	г	д	е
1 часть клея						
Каучук «Десмокол-400»	20	10	15	20	28	5
Каучук «Эластик 2000Т»						
Этилацетат марки «А»						
ГОСТ 8981-78	80	90	85	64	54	95
Ацетон ГОСТ 2603-77	-	-	-	16	18	-
2 часть клея						
Полиизоцианат марки «Б»	1,4	1,0	1,2	1,4	1,2	1,0
ТУ 6-03-375-75	2,0	1,2	1,6	2,0	1,6	1,2
20% раствор полиизоцианата марки «Б» в ацетоне	7 – 10	4 – 5	6 – 8	7 – 10	4 – 8	4 – 5

На обувных предприятиях выбор рецепта осуществляется на основе технологического назначения клея. Рецепт «б» применяют при первой намазке кожаных и полиуретановых микропористых подошв, а также затяжной кромки заготовки верха обуви. Рецепты «а», «в» и «г» используют для второй намазки подошв и следа затянутой обуви, «д» - для однократной намазки в случае однокомпонентных клеев, «е» применяют только для подошв из стиронипа или подобных ему материалов.

По санитарно-гигиеническим характеристикам полиуретановые клеи, также как и полихлоропреновые, потенциально опасны для человека. Это обуславливается наличием органических растворителей в их составе, которые вызывают острое и хроническое отравление, нарушение процессов обмена в организме. Содержащиеся в полиуретановых клеях изоцианаты могут вызвать головную боль, повышенную раздражительность, колющие боли в области сердца. При вдыхании вызывают раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей, а в тяжёлых случаях астмоподобные заболевания с дальнейшим хроническим поражением лёгких.

Латексные клеи широко применяются в обувном производстве для второстепенного склеивания — прикрепления подносков, задников, межподкладок и каркасных подкладок. Это обусловлено их дешевизной и доступностью, а также

отсутствием необходимости специальной сушки и прессования при его использовании.

Для приклеивания внутренних деталей в обувном производстве в основном используют бутадиен-стирольные синтетические латексы глубокой полимеризации (СКС-65 ГП). Состав данного клея достаточно прост. К основному компоненту добавляют 5 – 10 мас. ч. на 100 мас. ч. латекса загустителя, в качестве которого используют мездровый (30%), казеиновый (20%) клеи или карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ) в виде 10% раствора в воде [103, 124–126]. Так же для повышения адгезионной активности можно вводить композицию канифоль в виде 50% раствора в бензине, мочевино-формальдегидную смолу КФ-МТ или КФ-Ж, а так же диоксида кремния (Аэросил 300).

Для загибки краев при сборке заготовки верха обуви используют латексные клеи на основе полиизопренового каучука СКИ-3. Они характеризуются высокой прочностью, поэтому с их помощью можно надежно загибать края из натуральной и искусственной кожи. Для склеивания искусственных кож на разных видах синтетических основ, содержащих в своем составе вискозные, штапельные, лавсановые, нитроновые волокна используют клей на основе синтетического латекса БСК-65/3, представляющего собой водную дисперсию сополимера бутадиена, стирола и метакриловой кислоты. Рецептуру композиции латексных клеев СКИ-3 и БСК-65/3 готовят в соответствии с таблицей 2.9.

Таблица 2.9 — Рецептура клеев СКИ-3 и БСК-65/3

Компонент	Состав, мас. ч.	
	1	2
СКИ-3		
Латекс СКИ-3	100	100
Гипан	4 – 5	-
КМЦ	-	0,1 – 0,15
Мочевино-формальдегидная смола	6	1,5
БСК-65/3		
Латекс БСК-65/3	100	
Костный клей	0,2 – 0,3	
Смачиватель НБ	0,2 – 0,3	

По сравнению с полихлоропреновыми и полиуритановыми клеями, латексные по своим санитарно-гигиеническим характеристикам менее опасны для человека. Это связано с отсутствием в их составе органических растворителей. Но все же латексные клеи оказывают незначительное вредное влияние в связи с присутствием в их составе остатков мономера хлоропрена, который может вызывать поражения бронхо–легочной, иммунной, нервной системы, а также печени, кожи, с формированием аллергических заболеваний.

Клеи-расплавы нашли широкое применение в обувной промышленности. Они активно используются в автоматизированных технологических процессах, которые в свою очередь в значительной степени повышают производительность труда на производстве [103, 124–126]. Клеи-расплавы представляют собой твердые термопластичные полимеры и их композиции, которые при нагревании переходят в вязкотекучее состояние. Они обладают высокими адгезионными свойствами, а также достаточно технологичны, потому что не требуют сушки в виду отсутствия в них органического растворителя. Следовательно, время склеивания очень мало.

С точки зрения основного компонента клеи-расплавы различают на основе полиамидов, полиэфиров, этиленвинилацетата (ЭВА) и полиуретанов.

Клеи-расплавы на основе полиамидов получают поликонденсацией димеризовых кислот, растительных масел и алифатических диаминов. Их используют для затяжки пяточно-геленочной и отдельно пяточной частей заготовок верха обуви, загибки видимых краев деталей заготовок верха обуви, при окантовывании деталей низа (стельки) тесьмой, а также для формирования жесткого подноски по специальной технологии.

Клеи-расплавы на основе полиэфиров представляют собой продукт взаимодействия дикарбоновых кислот (тетрафталевой, изофталевой, себациновой) с этилен- или бутадиегликолем. В технологическом процессе производства обуви их используют для затяжки носочно-пучковой заготовок верха обуви на стельку.

Клеи-расплавы на основе полиуретанов представляют продукт взаимодействия олигоэфиров – простых или сложных (полибутенгликоль-адипинат), диизоцианатов (4,4-дифенилметандиизоцианат) и диолов (1,4

бутандиол) как удлинителей цепи. Наиболее широкое применение они нашли при изготовлении клеевых прокладочных материалов с точечным покрытием.

Клеи-расплавы на основе ЭВА – сополимер этилена с винилацетатом («Эльваксы») обладают высокой эластичностью при необходимом уровне когезионной прочности и достаточно высокой адгезионной способностью к полярным материалам. Отличительной особенностью данного вида клея является его морозостойкость и водостойкость, в результате чего его можно использовать для операций основного склеивания.

Клеи-расплавы по своим санитарно-гигиеническим характеристикам являются достаточно опасными для человека. В результате применения этих клеев в воздух рабочей зоны выделяются оксид углерода, пары метилового спирта, формальдегид, углеводороды алифатического ряда, которые в свою очередь обладают токсичными и канцерогенными свойствами.

Аппретуры представляют собой растворы или дисперсии полимерных пленкообразователей с различными добавками, предназначенные для окончательной обработки изделий из кожи. После высушивания аппретуры образуют на отделяемой поверхности тонкую блестящую пленку, заметно улучшающую внешний вид изделия.

В состав аппретур входят пленкообразующие вещества, пластификаторы, пептизаторы, растворители, красители, антистарители. Аппретуры предоставляют собой растворы полимеров (пленкообразователей) в воде, спирте или других растворителях, а также эмульсии, предназначенные для восстановления первоначального блеска долей обуви, утраченного в процессе ее изготовления. По характеру пленкообразователя различают аппретуры: шеллачные, поливинилацетатные, поливинилбутиральные, нитроцеллюлозные, казеиновые, восковые, эмульсионные и др. В зависимости от вида растворителя, использованного для изготовления, аппретуры подразделяются на водные, спиртовые и аппретуры на основе органических растворителей.

Для отделки верха обуви из кож с покрытием на основе эмульсионных пленкообразователей или на основе эмульсионного пленкообразователя,

закрепленного нитролаком или нитрокраской, применяют спиртовую аппретуру или аппретуру на органических растворителях, а также водные эмульсии полимеров. Для отделки верха обуви из кож с казеиновым покрытием применяют водные казеиновые, шеллачно-восковые или шеллачно-водные аппретуры. Для отделки низа обуви из резины - спиртовые аппретуры или шеллачно-водные. Шеллачные и казеиновые аппретуры могут поступать на обувные предприятия в готовом или сухом виде [103, 124–126]. Состав аппретур представлен в таблице 2.10.

Таблица 2.10 — Состав аппретур, % [125].

Ингредиент	Назначение ингредиента	Аппретура			
		Казеиновая водная черная	Шеллачная водная неокрашенная	Шеллачная спиртовая бесцветная	Акриловая дисперсионная бесцветная
1	2	3	4	5	6
Казеин	Пленкообразователь	20	-	-	-
Неотбеленный шеллак	Пленкообразователь	-	17,9	-	-
Отбеленный шеллак	Пленкообразователь	-	-	12	-
Акриловые эмульсии:					
БМ-12	Пленкообразователь	-	-	-	37,3
МБМ-3С	Пленкообразователь	-	-	-	4,5
Бура	Пептизатор	3,2	-	-	-
Водный (25%-ный) аммиак	Пептизатор	0,2	-	-	3,0
Бикарбонат натрия	Пептизатор	-	2,1	-	-
Ализариновое масло	Пластификатор	2,0	-	3,0	2,4
Нигрозин	Краситель	2,8	-	-	-
Фенол	Антистаритель	2,0	-	-	-
Вода	Растворитель	64,8	73	-	27,1
Этиловый спирт	Растворитель	5,0	7,0	85	25,2
Продукт СВ-1226	Смачиватель	-	-	-	0,5

Отделочные воски получают сплавлением восков, воскоподобного вещества и жировых красителей. Они применяются для придания характерного блеска различным деталям изделий из кожи, чаще всего кожаным подошвам и их урезу. В последнее время для отделки верха обуви все чаще применяют специальные кремы на восковой основе, придающие обуви привлекательный матовый блеск. Несколько особняком стоят полировочные мази, которые изготавливают путем растворения отделочного воска в скипидаре. Воски также применяются для полирования колодок, заделки дефектов низа обуви, шлифования отделяемой поверхности с проявление полир-эффекта (воск абразивный) [125, 126]. Состав отделочных восков, кремов и полировочных мазей представлен в таблице 2.11.

Таблица 2.11 — Состав отделочных восков, кремов и полировочных мазей, % [125].

Ингредиент	Назначение ингредиента	Отделочные воски			Полировочная мазь черная	Крем для отделки верха обуви
		бесцветный	неокрашенный	коричневый		
1	2	3	4	5	6	7
Монтан-воск: неотбеленный	Твердый воск	-	33	33	10	
отбеленный	Твердый воск	40				8
Пчелиный воск	Мягкий воск	-	15	15	-	-
Парафин	Воскообразное вещество	50	50	48,9	24	7
Церезин	Воскообразное вещество	10	2	2	2	-
Стеарин	Воскообразное вещество	-	-	-	-	2
Триэтаноламин	Диспергатор	-	-	-	-	2
Стеарат нигрозина	Краситель	-	-	-	4	-
Жир-оранж	Краситель	-	-	0,2	-	-
Концентрат покрывных красок	Краситель	-	-	-	-	14
Скипидар	Растворитель	-	-	-	60	-
Уайт-спирит	Растворитель	-	-	-	-	28
Вода	Растворитель	-	-	-	-	30

В производстве изделий из кожи широко применяются различные **краски** для окрашивания деталей обуви. В обувном производстве краски используются для окраски подошв и их уреза, каблука, набойки, краев деталей верха обуви, для ретуширования и тонирования верха обуви. Они представляют собой жидкие мелкодисперсные составы, содержащие пленкообразующие вещества (казеин, шеллак, нитроцеллюлозу, синтетические латексы), блескообразующие воски, красящие и другие вспомогательные вещества (пептизаторы, пластификаторы, антистарители) [104, 125]. Состав черных подошвенных красок представлен в таблице 2.12.

Таблица 2.12 — Состав черных подошвенных красок, % [125].

Ингредиент	Назначение ингредиента	Казеиновосковая полировочная	Латексная бесполировочная
1	2	3	4
Казеин	Пленкообразователь	3,0	-
Латекс СКС-65-1-ГП (40%-ный)	Пленкообразователь	-	70,0 – 88,0
Монтан-воск	Блескообразователь	5,0	-
Ализариновое масло (72%-ное)	Пластификатор	1,0	-
Бура	Пептизатор	0,5	-
Едкий натр (100%-ный)	Пептизатор	0,1	-
Водный (25%-ный) аммиак	Пептизатор	0,1	-
Мыло хозяйственное	Эмульгатор	1,0	-
Фенол	Антистаритель	0,5	-
Водорастворимый нигрозин	Краситель	8,4	-
Вода	Растворитель	80,4	0 – 18
Концентрат чесночного цвета (на рыбном клее)	Краситель	-	10,0
ОП-7	Пенегаситель	-	2,0

Максимальный выброс в атмосферу, г/с, каждого вредного компонента в составе летучей части применяемого клея, лака или краски определяется по формуле (2.2) [127]:

$$m_{зв} = \frac{a \cdot K_k \cdot 10^3}{t \cdot 3600} \quad (2.2)$$

где $m_{зв}$ — максимальный выброс загрязняющего вещества, г/с; a — максимальный расход применяемого материала в смену, (по данным предприятия), кг/смену; K_k — содержание каждого компонента в летучей части расходуемого материала, %, (доля единицы); t — продолжительность рабочей смены, ч; 10^3 — коэффициент перевода килограммов в граммы; 3600 — коэффициент перевода часов в секунды.

Результаты данных расчетов являются основой для определения граничных условий при построении модели тепломассопереноса для оценки негативного воздействия технологических процессов производства обуви на производственный персонал и окружающую среду.

2.6. Характеристика операций технологических процессов, сопровождающихся паровыделениями

В общем перечне технологических операций современной типовой технологии сборки обуви клеевого метода крепления представлены следующие операции, связанные с увлажнением и влажно-тепловой обработкой: увлажнение заготовок; увлажнение заготовок в камере проходного типа; увлажнение заготовок паром; влажно-тепловая обработка обуви; увлажнение и тепловая обработка обуви; увлажнение обуви по канту перед снятием обуви с колодок.

Существуют следующие методы увлажнения заготовок:

Увлажнение жидкостью.

На лицевую поверхность заготовки верха обуви кистью или пульверизатором наносят увлажнительную жидкость с последующей пролёжкой в закрытых пластиковых пакетах в течение 1–1,5 ч. Состав увлажнительной жидкости: для лицевых кож – дистиллированная вода -96%, спирт этиловый 3%, ПАВ (ОП-7 ОП 10) 1%; для эластичных кож – дистиллированная вода 88%, спирт этиловый 7%, глицерин 3%, ПАВ (ОП -7,0 П 10) 2%.

Сорбционный метод увлажнения при постоянных параметрах среды

Заготовки загружают в камеры с паровоздушной смесью со следующими параметрами: влажность паровоздушной смеси $98\pm 1\%$, температура $35\text{--}40^\circ\text{C}$, скорость движения смеси $1\text{--}2$ м/с, время увлажнения $2,5\text{--}3$ часа.

Сорбционный циклический метод увлажнения

Заготовки загружают в камеру, в которой попеременно создаётся горячая и холодная среда. В горячей среде заготовка увлажняется в условиях свободной конвекции при режиме: влажность $98\pm 1\%$, температура $70\text{--}80^\circ\text{C}$, время увлажнения 2 мин. В холодной среде заготовка увлажняется при режимах: влажность $98\pm 1\%$, температура $20\text{--}22^\circ\text{C}$, время увлажнения 2 мин., скорость движения паровоздушной смеси $8\text{--}10$ м/с. Делают по два цикла воздействия горячей и холодной средой.

Вакуумно-сорбционный метод увлажнения

Заготовки загружают в герметичную камеру, в которой с помощью вакуумного насоса создаётся разрежение, после чего в камеру в заданном режиме подаётся от парогенератора влажный насыщенный пар при нормальном давлении. Режим увлажнения: давление разрежения: $P_n = (1\text{--}2) \cdot 10^4$ Па, температура среды – $70\text{--}75^\circ\text{C}$, время увлажнения 3-5 мин.

Увлажнение паром

Заготовки укладывают на сетку над паром горячей воды или надевают на трубчатую форсунку подачи пара. Температура пара $85\pm 5^\circ\text{C}$, время увлажнения 15-30с.

Увлажнение и пластификация в камерах проходного типа

Колодки с одетой заготовкой устанавливают на транспортёр установки так, чтобы колодка с заготовкой свободно проходила через установку. В установке заготовка увлажняется при температуре $125\text{--}175^\circ\text{C}$ в зависимости от материала подноски в течение $3,0\text{--}3,5$ мин.

Влажно-тепловая обработка

Затянутую обувь помещают на транспортёр установки для влажно-тепловой обработки, которая состоит из последовательного воздействия на обувь влажного тёплого, сухого, горячего и холодного воздуха. Режим обработки влажным тёплым воздухом: температура 60–70 °С, влажность – 99±1, время 1,5–2 мин. Режим обработки сухим горячим воздухом: температура 880–130 °С, влажность – 30±5%, время 3–5 мин. Обработка холодным воздухом производится на транспортёре установки при температуре окружающей среды в течение 1,5–2 мин. После влажнотепловой обработки на заготовке не должно быть трещин лицевого слоя, изменения цвета кожи, отклеивания затяжной кромки.

Тепловая обработка

Затянутую обувь загружают в камеру для тепловой обработки, в которой режимы устанавливаются в зависимости от вида материала верха. Для обуви с верхом из ИК и СК режимы тепловой обработки следующие: интенсивное радиационное нагревание при температуре 70–150 °С в зависимости от вида покрытия в течение 10–20 минут и воздушное охлаждение при температуре 20±1 °С в течение 2–5 минут, скорость воздуха 5–6 м/с. На обувь с верхом из натуральной кожи перед загрузкой в камеру для тепловой обработки пульверизатором наносят увлажнительную жидкость. Для обуви с верхом из эластичных кож – температура 100–145 °С, время 2–5,5 мин., для обуви с верхом из кожи с полиуретановым покрытием: температура 90–100 °С, время 2–5,5 мин. На обуви с верхом из ИК и СК не должно быть вылегания основы (эффекта «лимонной корки»), трещин лицевого слоя, нарушения лицевой поверхности и отклеивания затяжной кромки. На обуви с верхом из натуральных кож не должно быть осыпания красителя, трещин лицевого слоя, изменения цвета кожи и отклеивания затяжной кромки.

Для обуви литьевого метода крепления типовыми являются следующие операции, связанные с увлажнением и обработкой паром: предварительное увлажнение носочной части заготовок; увлажнение и формование носочной части заготовок; увлажнение заготовок верха; влажно-тепловая обработка обуви

Предварительное увлажнение носочной части заготовок

Носочную часть заготовки помещают в увлажнительную камеру и выдерживают в течение 5–10 с при температуре 100 °С. При повышенной жесткости заготовок, носочную часть заготовки дополнительно увлажняют путем окунания с последующим разогревом в увлажнительной камере, увлажненную часть заготовки верха обуви со стороны подкладки прострачивают с одновременной посадкой на вискозно-капроновую тесьму, длина посадочной строчки зависит от размера заготовки верха обуви и устанавливается опытным путем. Расстояние строчки от края 2,0–3,0 мм. Частота строчки 4–5 стежков на 1 см строчки. После посадки носочную часть заготовки сравнивают с контрольным шаблоном и поправляют при необходимости

Увлажнение и формование носочной части заготовок

Носочную часть заготовок предварительно увлажняют паром кипящей воды в специальном устройстве в течение 15–25 с при температуре 100–120 °С. Носочную часть заготовки накладывают на магнитную пластину машины строго по гофрам в носочно-пучковой части и формуют. Режимы формования: - время формования 10–15 с; температура охлаждения (10–15)°С. После формования заготовка не должна иметь складок, перекосов и морщин, а высота носочной части заготовок должна соответствовать высоте носочной части колодки. Режимы формования могут быть изменены в зависимости от применяемых материалов верха и подкладки.

Увлажнение заготовок верха.

Заготовку верха обуви надевают на трубчатую форсунку приспособления и увлажняют при воздействии паровоздушной смеси внутрь заготовки в течение 20–40 секунд при температуре 80 ± 5 °С.

Влажно-тепловая обработка обуви.

Отформованная и надетая на колодку заготовка, с целью лучшего формования на колодке, устранения морщин, повышения формоустойчивости и сохранения размера подвергается влажно-тепловой обработке. Влажно-тепловая обработка состоит из последовательного воздействия на обувь влажного теплого, сухого горячего, холодного воздуха. Во влажной зоне обувь обрабатывается воздухом при температуре 75–80 °С и относительной влажности воздуха 100% и времени 1,5–2 минуты. Температура воздуха в горячей зоне регулируется в пределах 95–100 °С, время обработки 3–4 минуты. Охлаждение обуви производится на транспортере установки или в самой установке при температуре воздуха в цехе в течение 1–2 минуты. После влажно-тепловой обработки заготовка должна плотно облегать колодку без складок и морщин, на заготовке не должно быть пятен и повреждений. Режимы влажно – тепловой обработки обуви зависят от характера лицевого слоя покрытия кожи, материала внутренних деталей.

Результаты определения параметров паровыделений в технологических процессах производства обуви входят в комплексную математическую модель тепломассопереноса для оценки негативного воздействия технологических процессов производства обуви в качестве граничных условий и источниковых членов.

ВЫВОДЫ ПО II ГЛАВЕ

1. Проведен анализ условий труда на предприятиях по производству обуви. Отмечено, что особое внимание необходимо уделить анализу опасных и вредных факторов отдельных технологических операций и организации условий труда на предприятии.

2. Рассмотрены факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды и факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов в цехах обувных предприятий, которые определялись в зависимости от содержания в

воздухе рабочей зоны вредных веществ, параметров микроклимата и факторов трудового процесса.

3. Дана общая характеристика технологического процесса производства обуви как источника загрязнения воздушной среды, а также характеристики отдельных технологических операций, сопровождающихся выделением тепла, твердых и газообразных загрязняющих веществ, а также операций, сопровождающихся паровыделениями.

4. Предложен новый метод расчета удельных показателей пылевыведений в зависимости от вида технологической операции, используемого оборудования, технологических нормативов ее выполнения и характеристик обрабатываемого материала.

5. Изучен ассортимент и химический состав клеев и отделочных материалов (аппретур, красок и т. п.), используемых при производстве обуви. Проанализированы методы расчета выделения газообразных загрязняющих веществ от соответствующих технологических операций.

6. Результаты определения параметров выделения загрязняющих веществ и тепло- и паровыведений в технологических процессах производства обуви будут входить в комплексную математическую модель тепломассопереноса для оценки негативного воздействия технологических процессов производства обуви в качестве граничных условий и источников членов.

ГЛАВА III. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА И КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ОБУВНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В последнее время, как уже было отмечено ранее, наблюдается рост количества публикаций по применению вычислительной гидродинамики в исследованиях вентиляции и воздухообмена в помещении. Вычислительная гидродинамика (Computational Fluid Dynamics, CFD) стала неотъемлемой частью научных исследований и инженерных разработок сложных систем распределения воздуха и вентиляции в зданиях [68].

Основной проблемой точности экспериментальных методов является эффект масштабирования, особенно при использовании мелкомасштабных моделей. CFD страдает как от ошибок моделирования турбулентности, так и от численных ошибок. Использование вычислительной гидродинамики имеет две основные проблемы. То же относится и к его применению в исследованиях вентиляции.

Во-первых, обычно предполагается, что поток в вентилируемом помещении является полностью развитым турбулентным потоком, и этот поток может описываться большинством моделей турбулентности. Но в некоторых частях помещения, при низкой скорости подачи воздуха может существовать поток с низким числом Рейнольдса. Обычные модели турбулентности могут не точно отражать такие важные физические явления.

Во-вторых, важность правильного моделирования турбулентности можно увидеть из расчета распространения струи по стене в помещении от единственного сопла в торцевой стене рядом с потолком [128].

Пристеночная струя ошибочно моделируется $k-\epsilon$ моделью, так как в результате моделирования стенная струя растет с одинаковой скоростью параллельно потолку и вниз в комнату. Из практики же известно, что трехмерная стенная струя растет параллельно потолку намного быстрее, чем вниз в помещение. В модели Рейнольдсовых напряжений (Reynolds Stress Model, RSM) с элементами отражения от стенки происходит перераспределение нормальных напряжений

вблизи стенки. Они гасят турбулентные колебания перпендикулярно стене и преобразуют энергию в колебания, параллельные стене. Таким образом, использование RSM дает лучший результат, чем модель k-ε, по сравнению с экспериментальными данными [128].

Ошибка из-за проблемы анизотропии может быть относительно незначительной, если помещение короткое, а отверстие подачи имеет большую ширину по сравнению с высотой (типичное отверстие подачи). Эта ошибка также мала, если поток в комнате почти двумерный, например, если отверстие подачи составляет 20% ширины помещения или больше, то есть, когда возникает двумерная струя в исходном потоке.

Разными авторами оценены различные модели турбулентности для моделирования воздушных потоков, включая моделирование, усредненное по Рейнольдсу [129–131], и моделирование крупных вихрей [132, 133]. Из-за трудностей моделирования турбулентности CFD может не показывать реальную физическую картину, наблюдаемую в экспериментах. Для анализа воздушного потока в помещении проводится все большее количество имитаций крупных вихрей, что позволяет уловить некоторые физические данные потока [134, 135].

Вторая серьезная проблема CFD заключается в том, что решения по-прежнему являются приблизительными, а не точными. Имеют место различные численные явления, в том числе численная диффузия и численная дисперсия [136]. Теоретически численные ошибки уменьшаются до приемлемой точности, когда количество узлов сетки достаточно или размер сетки достаточно мал. Эффект численной диффузии в рециркуляционном потоке также продемонстрирован в «схеме Смита и Хаттона» [137]. Ожидается, что численная точность будет улучшаться по мере дальнейшего увеличения мощности компьютеров и разработки более совершенных числовых схем.

Одной из основных проблем при определении характеристик воздушного потока в зданиях является сложность граничных условий в помещении. На данный момент мы довольно хорошо понимаем, как моделировать тепловые и граничные условия потока на стенах, приточных и естественных вентиляционных

отверстиях [138, 139]. Вопросы интеграции CFD с тепловым моделированием зданий и многозонным моделированием воздушных потоков рассмотрены в [140, 141].

Поток из диффузора в системе вентиляции определяется очень мелкими деталями в конструкции диффузора. Метод численного моделирования должен уметь обрабатывать мелкие детали размером в одну десятую миллиметра, а также размером в несколько метров самого помещения. Такой широкий диапазон размеров геометрии требует включения большого количества ячеек в числовую схему, что сильно увеличивает стоимость моделирования и время вычислений.

Могут быть использованы различные варианты упрощения задачи. Наиболее очевидный способ – заменить фактический диффузор диффузором менее сложной геометрии, который обеспечивает тот же импульс воздушного потока в комнате. Это может быть реализовано с помощью одного отверстия с площадью, эквивалентной эффективной площади подачи диффузора, и такие методы были оценены [142].

Непрерывное развитие вычислительной мощности и скорости, несомненно, сделало прямые методы с локальным уточнением сетки или многосеточное решение гораздо более возможным.

Нужно отметить, что всегда можно рассматривать сложное отверстие подачи как пористую среду. При этом задается так называемая внутренняя средняя скорость и коэффициент свободного открытия. Сохранение массы и импульса выполняется автоматически. Кроме того, автоматически сохраняются все скаляры, такие как турбулентная кинетическая энергия. Этот метод широко не апробировался. Такая обработка аналогична пористой модели, используемой в анализе слоя кроны деревьев, а недавно и в анализе городской вентиляции [143].

Вторая особая проблема заключается в обработке множественных масштабов длины, существующих при решении вопросов расчета и моделирования вентиляции. Разнообразие размерных шкал охватывает диапазон от 0,001 м до 100 м для вентиляции зданий и до 10000 м для решения вопросов «городской вентиляции». Например, CFD использовался для понимания того, как

генерируются струи приточного воздуха и как они развиваются [144], а также как эволюционируют шлейфы человеческого тела [145, 146]. Возможность детального изучения воздушных потоков и теплопередачи вокруг человеческого тела позволяет детально изучить тепловой комфорт человеческого тела в помещении [145]. Значительная часть исследований проводилась в масштабе комнаты, и в большинстве из них комната считалась пустой. Различные варианты распределения воздуха оцениваются и сравниваются в работе [147]. Для понимания общей схемы воздушных потоков в здании, важное значение могут иметь воздушные потоки между помещениями. CFD также был полезен при анализе эффективности открытых окон, ветроуловителей и дымоходов при расчетах естественной вентиляции. CFD использовался отдельно или в сочетании с многозонными моделями воздушного потока в работе [148]. Другой часто изучаемой ситуацией является комбинированный анализ воздушного потока вокруг и внутри здания, в частности, для анализа естественной вентиляции. В этом случае потоки ветра внутри кластера зданий могут повлиять на вентиляцию здания. Проблема вентиляции может быть расширена за пределы здания до городского масштаба [149, 150]. Трудности возникают, когда необходимо решать задачи для нескольких размерных шкал. В некоторой степени трудности с обработкой отверстия подачи воздуха также являются одной из таких многомасштабных проблем.

Расчет теплового комфорта, как и воздействия респираторных капель требуют полного понимания состояния воздушной среды вокруг тела человека. Использование методов вычислительной гидродинамики позволяет рассчитать детальную картину воздушного потока вокруг человеческого тела [145, 151, 152], включая химический состав воздуха около тела. В работе [134] представлено изучение движения людей.

Проблемы моделирования турбулентности и численные ошибки также требуют серьезного рассмотрения при оценке точности CFD. Необходимо тщательно выбирать правильные основные уравнения и граничные условия, а также соответствующие численные алгоритмы. Это можно сделать только при тщательном понимании проблемы до начала моделирования. Подробное описание

контроля качества CFD при моделировании воздухообмена в помещении дано в [137].

Верификация CFD связана с математикой модели, а валидация — с ее физикой [153]. Другими словами, верификация – это правильное решение уравнений, а валидация – это правильность решаемых уравнений. Пять наиболее распространенных источников ошибок при верификации [154] включают недостаточную сходимость пространственной дискретизации, недостаточную сходимость временной дискретизации, недостаточную сходимость итерационной процедуры, компьютерное округление и ошибки программирования.

Валидация CFD включает в себя сравнение расчетного решения с экспериментальными результатами. В литературе доступен ряд наборов данных для валидации. Однако, прежде чем сравнивать с ними результаты расчетов, необходимо оценить ошибку как в экспериментальных данных, так и в результатах расчетов методами CFD. Необходимо учитывать надежность экспериментальных данных (например, с учетом эффектов масштабирования), соответствие граничных условий в эксперименте и моделировании, а также другие рабочие и физические условия.

Перед тем, как приступить к моделированию, необходимо ответить на следующие фундаментальные вопросы:

- 1) Ожидается, что поток будет ламинарным или турбулентным?
- 2) Ожидается, что поток будет двухмерным или трехмерным?
- 3) Ожидается ли, что поток будет иметь плоскость симметрии?
- 4) Ожидается ли, что поток будет иметь одно, два или несколько решений?
- 5) Ожидается, что поток будет постоянным или неустойчивым?

Ответы на эти вопросы будут влиять на то, насколько точно полученные решения будут отражать реальную физическую картинку моделируемого потока.

3.1. Математическая постановка задачи моделирования и математическая модель тепломассопереноса в производственных цехах обувных предприятий

Выделение и распространение вредных веществ в производственных помещениях протекает в условиях одновременного воздействия ряда внешних возмущающих течение факторов:

- неизотермичность (отличие температур твердых поверхностей оборудования, несущих и ограждающих конструкций зданий и газовых потоков);
- сжимаемость (плотность газа не является постоянной величиной);
- градиенты давления;
- источниковые члены (поступление в помещение продуктов газовых выделений и твердых частиц от технологического оборудования в процессе его работы, функционирование систем вентиляции);
- протекание химических реакций;
- многофазность (одновременное сосуществование нескольких фаз газ + твердые частицы, газ + жидкость);
- турбулентность;
- переход ламинарного режима течения в турбулентный.

Действие перечисленных выше факторов приводит к существенному усложнению закономерностей. Следовательно, методы расчета тепломассообменных процессов для оценки динамики распространения вредных веществ в производственных цехах обувных предприятий должны отражать влияние этих факторов.

К числу наиболее значимых особенностей тепломассообменных процессов в производственных помещениях обувных предприятий можно отнести:

- распространение вредных веществ происходит в помещении, где наибольшая разница давлений в разных зонах помещения не превышает десятых долей процента от величины среднего давления в помещении;

- скорости воздушных потоков и газовых выделений малы по сравнению со скоростью звука;
- определяющими факторами для движения воздуха в помещении являются процессы вынужденной конвекции (наличие в помещении систем приточно-вытяжной общеобменной вентиляции и местных отсосов) и естественно-конвективные потоки (от нагретых поверхностей технологического оборудования и отопительных приборов).

При разработке математической модели расчета динамики распространения вредных веществ в производственных цехах обувных предприятий принимались следующие ограничения и допущения реальной картины процесса тепломассопереноса:

- существует локальное термодинамическое и химическое равновесие во всем объеме помещения, что позволяет использовать равновесное уравнение состояния;
- газовая среда является смесью идеальных газов, что дает удовлетворительное приближение в рассматриваемых диапазонах температур и давлений [155];
- локальные скорости и температуры компонентов газовой смеси и твердых (или жидких) частиц одинаковы между собой в каждой точке пространства (односкоростная и однотемпературная модель), то есть межфазным взаимодействием (температурным скачком и «скольжением» фаз друг относительно друга) пренебрегаем [155];
- химические реакции взаимодействия вредных веществ, как между собой, так и с воздухом (или его компонентами) не учитываются;
- пренебрегаем взаимным влиянием турбулентности и излучения.

Газовая среда рассматривается как вязкий теплопроводный сжимаемый идеальный газ. Влияние твердых частиц, выбрасываемых в воздух цеха от технологического оборудования, учитывается при определении характеристик радиационного теплопереноса внутри помещения.

Математическая модель тепломассопереноса в производственных цехах обувных предприятий основана на исследованиях подробно изложенных в [155, 156] и состоит из системы основных дифференциальных уравнений (законов сохранения массы, импульса и энергии) и дополнительных уравнений, необходимых для ее замыкания.

Структура модели приведена на рисунке 3.1.

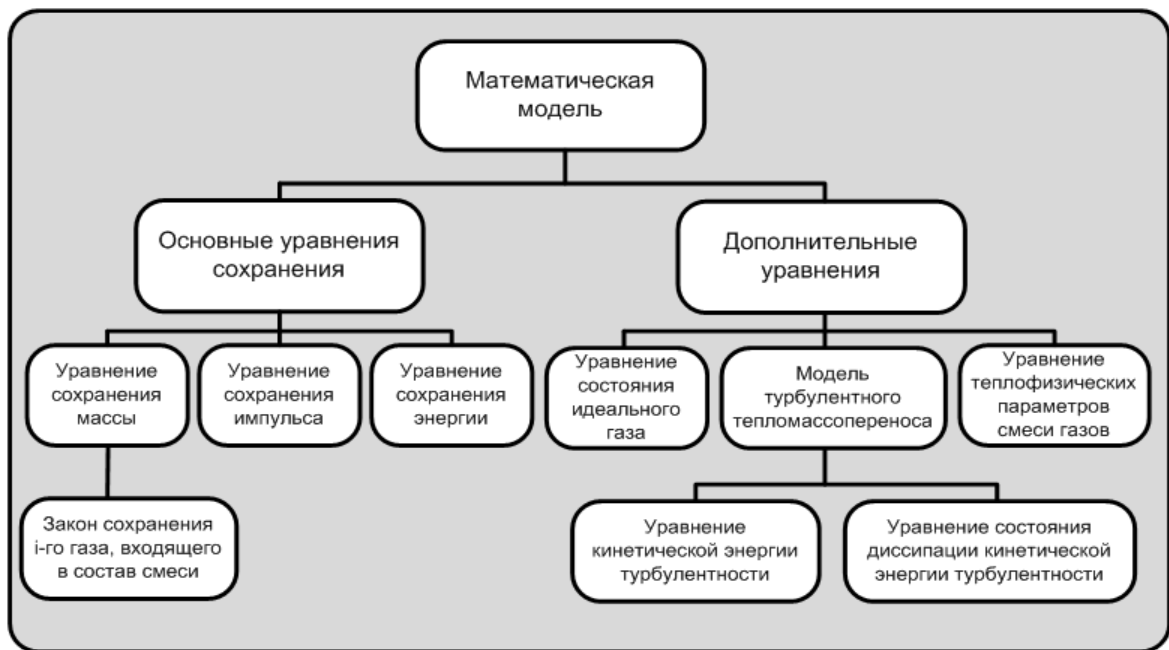


Рисунок 3.1 – Структура математической модели

Подробный вывод уравнений представленных на рисунке 3.1 приведен в технической литературе [155–163]. Для определенности ось x направлена вдоль длины, ось y – ширины и ось z – высоты помещения. Размерности всех параметров приведены в системе СИ.

Уравнение неразрывности газовой смеси является математическим выражением закона сохранения массы газовой смеси и имеет следующий вид:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho w_x) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho w_y) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w_z) = m', \quad (3.1)$$

где: ρ – плотность, кг/м³; τ – время, с; x, y, z – координатные оси вдоль длины, ширины и высоты помещения соответственно, м; w_x, w_y, w_z – проекции скорости на соответствующие оси, м/с; m' – источниковый член.

В скалярном виде векторное уравнение закона сохранения импульса представляет собой три уравнения движения, относительно координатных осей:

$$\begin{aligned}
 & \rho \frac{\partial w_x}{\partial \tau} + \rho w_x \frac{\partial w_x}{\partial x} + \rho w_y \frac{\partial w_x}{\partial y} + \rho w_z \frac{\partial w_x}{\partial z} \\
 & = -\frac{\partial p}{\partial x} + 2 \frac{\partial}{\partial x} \left((\mu + \mu_T) \frac{\partial w_x}{\partial x} \right) \\
 & + \frac{\partial}{\partial y} \left((\mu + \mu_T) \left(\frac{\partial w_x}{\partial y} + \frac{\partial w_y}{\partial x} \right) \right) \\
 & + \frac{\partial}{\partial z} \left((\mu + \mu_T) \left(\frac{\partial w_x}{\partial z} + \frac{\partial w_z}{\partial x} \right) \right) \\
 & - \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial x} \left((\mu + \mu_T) \left(\frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial w_z}{\partial z} \right) \right)
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

$$\begin{aligned}
 & \rho \frac{\partial w_y}{\partial \tau} + \rho w_x \frac{\partial w_y}{\partial x} + \rho w_y \frac{\partial w_y}{\partial y} + \rho w_z \frac{\partial w_y}{\partial z} \\
 & = -\frac{\partial p}{\partial y} + 2 \frac{\partial}{\partial y} \left((\mu + \mu_T) \frac{\partial w_y}{\partial y} \right) \\
 & + \frac{\partial}{\partial x} \left((\mu + \mu_T) \left(\frac{\partial w_x}{\partial y} + \frac{\partial w_y}{\partial x} \right) \right) \\
 & + \frac{\partial}{\partial z} \left((\mu + \mu_T) \left(\frac{\partial w_y}{\partial z} + \frac{\partial w_z}{\partial y} \right) \right) \\
 & - \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial y} \left((\mu + \mu_T) \left(\frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial w_z}{\partial z} \right) \right),
 \end{aligned} \tag{3.3}$$

$$\begin{aligned}
\rho \frac{\partial w_z}{\partial \tau} + \rho w_x \frac{\partial w_z}{\partial x} + \rho w_y \frac{\partial w_z}{\partial y} + \rho w_z \frac{\partial w_z}{\partial z} = \\
= -\frac{\partial p}{\partial z} + 2 \frac{\partial}{\partial z} \left((\mu + \mu_T) \frac{\partial w_z}{\partial z} \right) \\
+ \frac{\partial}{\partial x} \left((\mu + \mu_T) \left(\frac{\partial w_x}{\partial z} + \frac{\partial w_z}{\partial x} \right) \right) \\
+ \frac{\partial}{\partial y} \left((\mu + \mu_T) \left(\frac{\partial w_y}{\partial z} + \frac{\partial w_z}{\partial y} \right) \right) \\
- \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial z} \left((\mu + \mu_T) \left(\frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial w_z}{\partial z} \right) \right),
\end{aligned} \tag{3.4}$$

где: μ – динамический коэффициент вязкости, кг/(м·с); μ_T – коэффициент турбулентной вязкости, кг/(м·с); p – давление, Па; ρ_0 – плотность газовой среды за пределами нагретого слоя, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с².

Уравнения (3.1) ÷ (3.4), уравнения Рейнольдса, получены из уравнений Навье-Стокса [158–160, 162, 164–166] путем осреднения по времени всех параметров.

Уравнение энергии является математическим выражением закона сохранения и превращения энергии. Для тепловых процессов, проходящих в производственных помещениях обувных предприятий, этот закон выражается в виде первого начала термодинамики и имеет следующий вид [164–167]:

$$\begin{aligned}
\rho c_p \left(\frac{\partial T}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial T}{\partial x} + w_y \frac{\partial T}{\partial y} + w_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \\
= \frac{\partial}{\partial x} \left((\lambda + \lambda_T + \lambda_p) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left((\lambda + \lambda_T + \lambda_p) \frac{\partial T}{\partial y} \right) \\
+ \frac{\partial}{\partial z} \left((\lambda + \lambda_T + \lambda_p) \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q_v,
\end{aligned} \tag{3.5}$$

где: T – температура, К; c_p – удельная теплоемкость при постоянном давлении, Дж/(кг·К); λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); λ_T – коэффициент турбулентной теплопроводности, Вт/(м·К); λ_p – коэффициент радиационной

теплопроводности, Вт/(м·К); q_v – интенсивность внутренних источников тепла, Вт/м³.

$$q_v = q_{vk} + q_{vl}, \quad (3.6)$$

где: q_{vl} – интенсивность внутренних источников тепла за счет радиационного (лучистого) теплопереноса, Вт/м³; q_{vk} – интенсивность внутренних источников тепла из-за конвективного теплообмена, Вт/м³.

Закон сохранения массы i -го газа, входящего в состав смеси, (уравнение неразрывности для компонента газовой смеси) имеет вид:

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial X_i}{\partial \tau} + \rho w_x \frac{\partial X_i}{\partial x} + \rho w_y \frac{\partial X_i}{\partial y} + \rho w_z \frac{\partial X_i}{\partial z} = \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(\rho (D_i + D_T) \frac{\partial X_i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho (D_i + D_T) \frac{\partial X_i}{\partial y} \right) \\ + \frac{\partial}{\partial z} \left(\rho (D_i + D_T) \frac{\partial X_i}{\partial z} \right) + m_i \end{aligned} \quad (3.7)$$

где: X_i – массовая концентрация i -го газа, кг/кг; D_i – коэффициент диффузии i -го газа, м²/с; D_T – коэффициент турбулентной диффузии, м²/с; m_i – интенсивность внутренних источников (стоков) массы, возникающих из-за образования (исчезновения) молекул данного газа вследствие выделения вредных веществ от технологического оборудования (или при проведении технологических операций).

Величины m_i определяются с учетом данных об оборудовании, применяемых основных и вспомогательных материалов и т.д. [127].

Уравнение состояния смеси идеальных газов имеет вид [158, 159, 164, 167]:

$$p = \rho RT, \quad (3.8)$$

где: R – газовая постоянная смеси, Дж/(кг·К).

Уравнения теплофизических параметров смеси газов учитывают химический состав смеси. В состав смеси входят следующие газы: кислород, азот, продукты горения (окись углерода, двуокись углерода) и продукты горения горючей нагрузки. Газовая постоянная, плотность и удельная изобарная теплоёмкость смеси газов вычисляются по формулам:

$$\rho = \sum_{i=1}^n r_i \rho_i, \quad R = \sum_{i=1}^n g_i R_i, \quad c_p = \sum_{i=1}^n g_i c_{pi} \quad (3.9)$$

где: i – номер газовой компоненты смеси; n – число газов в смеси; r_i , g_i , R_i , c_{pi} , ρ_i – объемная и массовая доля, газовая постоянная (Дж/(кг·К)), удельная изобарная массовая теплоемкость (Дж/(кг·К)) и плотность (кг/м³) i -ой компоненты газовой смеси. Величины удельных изобарных массовых теплоемкостей компонентов принимаются постоянными или определяются в зависимости от температуры. Соответствующие зависимости приводятся в справочной литературе [168].

Таким образом, решаются нестационарные трехмерные дифференциальные уравнения в частных производных законов сохранения массы, импульса и энергии для газовой среды помещения и уравнения сохранения массы для компонентов газовой среды. Все дифференциальные уравнения приведены к виду [162, 163], удобному для численного решения:

$$\frac{\partial}{\partial \tau} (\rho \Phi) + \text{div}(\rho w \Phi) = \text{div}(\Gamma \text{grad} \Phi) + S, \quad (3.10)$$

где: Φ – зависимая переменная (энтальпии газовой смеси и материала стен и перекрытия, проекции скорости на координатные оси, концентрации компонентов газовой смеси, кинетическая энергия турбулентности и скорость ее диссипации, массовая концентрация и оптическая плотность дыма); Γ – коэффициент диффузии для Φ ; S – источниковый член для Φ .

Значения величин из уравнения (3.10) приведены в таблице 3.1. Все величины здесь и далее являются осредненными по времени.

Для замыкания, основную систему уравнений необходимо дополнить уравнениями, описывающими процессы турбулентного переноса.

Таблица 3.1 – Параметры и коэффициенты уравнения (3.10)

№	Ф	Г	S
1	1	0	0
2	w_x	$\mu + \mu_T$	$\frac{\partial}{\partial x} \left(\Gamma \frac{\partial w_x}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\Gamma \frac{\partial w_y}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\Gamma \frac{\partial w_z}{\partial x} \right) - \frac{\partial p}{\partial x} -$ $-\frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial x} (\Gamma \text{div} w)$
3	w_y	$\mu + \mu_T$	$\frac{\partial}{\partial x} \left(\Gamma \frac{\partial w_x}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\Gamma \frac{\partial w_y}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\Gamma \frac{\partial w_z}{\partial y} \right) - \frac{\partial p}{\partial y} -$ $-\frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial y} (\Gamma \text{div} w)$
4	w_z	$\mu + \mu_T$	$\frac{\partial}{\partial x} \left(\Gamma \frac{\partial w_x}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\Gamma \frac{\partial w_y}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\Gamma \frac{\partial w_z}{\partial z} \right) - \frac{\partial p}{\partial z} -$ $-\frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial z} (\Gamma \text{div} w) - \beta g \Delta T$
11	i_w	λ_w	q_{vw}
12	i_c	λ_c	q_{vc}

Обозначения, принятые в таблице 3.1:

X_i	массовые концентрации газообразных веществ, кг/кг
D_i	коэффициенты диффузии газообразных веществ, м ² /с
m_{O_2} , m_{CO} , m_{CO_2}	интенсивность внутренних источников и стоков массы газообразных веществ, возникающих из-за образования молекул данного газа вследствие выделения в технологическом процессе и удаления (исчезновения) за счет функционирования систем вентиляции, кг/(с·м ³)
$\beta = 1/T$	коэффициент объемного термического расширения, 1/К
i , i_w , i_c	энтальпии газовой смеси, материала стен и перекрытия, Дж/кг
q_{vw} , q_{vc}	интенсивность внутренних источников теплоты, Вт/м ³
ΔV	объем газовой среды, внутри которой находится источник (сток) массы или энергии, м ³

В турбулентных потоках газовой среды скорость, давление, температура и другие параметры испытывают беспорядочные колебания (пульсации). Мгновенное распределение всех величин в любой момент времени в помещении с заданными геометрическими параметрами не определяется однозначно только системой исходных уравнений, начальными и граничными условиями, но также существенно зависит от малых случайных возмущений (из-за неустойчивости движения) [155].

Известные модели турбулентности k - ε , k - ω , алгебраические и другие [161, 163, 169, 170] показывают, что каждому конкретному случаю течения соответствует вполне определенный набор констант модели. В любой модели турбулентности определен круг течений и условий, для которых она справедлива.

Наиболее разработанной и часто используемой для расчета тепломассообменных процессов является k - ε модель турбулентности [161]. В этой модели предполагается, что коэффициент турбулентной вязкости зависит от кинетической энергии турбулентности и скорости ее диссипации в соответствии с формулой Колмогорова [161]:

$$\nu_T = C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}, \quad (3.11)$$

где: ν , ν_T – кинематический коэффициент молекулярной и турбулентной вязкости соответственно, $\text{м}^2/\text{с}$; $k = \frac{1}{2} \overline{w_x'^2 + w_y'^2 + w_z'^2}$ – кинетическая энергия турбулентности, $\text{м}^2/\text{с}^2$; w_x' , w_y' , w_z' – пульсационные составляющие проекций скорости на соответствующие оси, $\text{м}/\text{с}$; $C_\mu = 0,09$ – эмпирическая константа; $\varepsilon = \nu \left(\left(\frac{\partial w_x'}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial w_y'}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial w_z'}{\partial z} \right)^2 \right)$ – скорость диссипации кинетической энергии турбулентности, $\text{м}^2/\text{с}^3$.

Коэффициент молекулярной динамической вязкости газа определяется по величине кинематической молекулярной вязкости, вычисляемой по формуле Сезерленда [164, 167]:

$$\frac{\mu}{\mu_0} = \frac{1 + \frac{C}{T_0}}{1 + \frac{C}{T}} \sqrt{\frac{T}{T_0}}, \quad (3.12)$$

где: C – эмпирическая константа для конкретного газа, К; μ – коэффициент молекулярной динамической вязкости, $\text{кг}/(\text{м}\cdot\text{с})$; μ_0 – известная величина динамической вязкости при выбранной температуре T_0 , $\text{кг}/(\text{м}\cdot\text{с})$. Величины C и T_0 находятся из справочной литературы [171].

Для нахождения кинетической энергии турбулентности и скорости ее диссипации решаются следующие дифференциальные уравнения законов сохранения соответствующих величин [161]:

$$\begin{aligned} \rho \left(\frac{\partial k}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial k}{\partial x} + w_y \frac{\partial k}{\partial y} + w_z \frac{\partial k}{\partial z} \right) = \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu_T}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\mu_T}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\mu_T}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial z} \right) \\ + v_T \left(\frac{\partial w_j}{\partial x_i} \left(\frac{\partial w_i}{\partial x_j} + \frac{\partial w_j}{\partial x_i} \right) + \frac{g}{Pr_T} \frac{1}{T} \frac{\partial T}{\partial z} \right) - \varepsilon, \end{aligned} \quad (3.13)$$

$$\begin{aligned} \rho \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + w_y \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} + w_z \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) = \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu_T}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\mu_T}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\mu_T}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) \\ + v_T \left(\frac{\partial w_j}{\partial x_i} \left(\frac{\partial w_i}{\partial x_j} + \frac{\partial w_j}{\partial x_i} \right) + \frac{g}{Pr_T} \frac{1}{T} \frac{\partial T}{\partial z} \right) - C_2 \frac{\varepsilon^2}{k} \end{aligned} \quad (3.14)$$

В стандартной k - ε модели турбулентности набор эмпирических констант является следующим: $C_1 = 1,44$; $C_2 = 1,92$; $\sigma_k = 1,0$; $\sigma_\varepsilon = 1,3$; $C_\mu = 0,09$. В области конвективной колонки модель модернизируется: $C_1 = 1,6$.

Для определения коэффициентов турбулентной теплопроводности смеси λ_T (уравнение энергии) и турбулентной диффузии компонентов D_T (уравнения неразрывности для газовых компонентов (3.7)) используется тройная аналогия Прандтля [161, 163]: при равенстве чисел Прандтля и Льюиса единице ($Pr = Le = 1$) и отсутствии градиента давления в потоке газа ($dp/dx = 0$, $dp/dy = 0$, $dp/dz = 0$) уравнения движения (3.2) ÷ (3.4), энергии (3.5) и диффузии (3.7) становятся тождественными и в случае подобия граничных условий существует подобие полей скоростей, температур и концентраций [155].

Турбулентные и диффузионные числа Прандтля принимаем равными $Pr_T = Pr_d = 1$. Тогда коэффициент турбулентной теплопроводности определяется из соотношения:

$$\lambda_T = \frac{c_p \mu_T}{Pr_T}, \quad (3.15)$$

а коэффициент турбулентной диффузии равен:

$$D_T = \frac{\mu_T}{\rho Pr_d}, \quad (3.16)$$

Молекулярная теплопроводность равна [169] (при $Pr = \text{const}$ и слабой зависимости удельной теплоемкости от температуры):

$$\frac{\lambda}{\lambda_o} \approx \frac{\mu}{\mu_o}, \quad (3.17)$$

где λ_o – известная величина коэффициента теплопроводности при выбранной температуре T_o , Вт/(м·К);

Уравнения (3.11)÷(3.17) позволяют определить коэффициенты турбулентной вязкости, теплопроводности и диффузии, входящие в уравнения полевой модели (3.2)÷(3.7).

Граничные условия к уравнениям (3.13) и (3.14) имеют вид:

– на твердой негорючей поверхности:

$$\frac{\partial k}{\partial n} = 0, \quad (3.18)$$

$$\varepsilon_{ТП} = \frac{C_\mu^{0,75} k_{ТП}^{1,5}}{0,4 n_{ТП}}, \quad (3.19)$$

где: $k_{ТП}$ – величина кинетической энергии турбулентности в ближайшем к поверхности узле конечно-разностной сетки, $\text{м}^2/\text{с}^2$; $\varepsilon_{ТП}$ – величина скорости диссипации кинетической энергии турбулентности в ближайшем к поверхности узле конечно-разностной сетки, $\text{м}^2/\text{с}^3$; $n_{ТП}$ – расстояние по нормали n от твердой поверхности до ближайшего к поверхности узла конечно-разностной сетки, м.

– в плоскости поперечного сечения открытых проемов:

$$\frac{\partial k}{\partial n} = 0, \quad \frac{\partial \varepsilon}{\partial n} = 0, \quad (3.20)$$

где: n – направление по нормали к плоскости открытого проема.

Уравнения (3.13) и (3.14) также могут быть приведены к виду (3.10).

В настоящее время в вычислительной гидродинамике существует четыре основных метода вывода конечно-разностных аналогов дифференциальных

уравнений в частных производных: разложение в ряды Тейлора, метод полиномиальной аппроксимации, интегральный метод и метод контрольного объема, которые могут привести к одинаковым разностным выражениям. Достоинством метода конечных объемов по сравнению с другими методами является то, что он основан на макроскопических физических законах, а не на использовании математического аппарата непрерывных функций. При существовании непрерывных решений в методе контрольного объема осуществляется фактическое выполнение физических законов сохранения.

При дискретизации уравнений Навье-Стокса по методу конечных объемов используется контрольный объем, совпадающий с ячейкой сетки. Данный метод является консервативным, так как обеспечивает выполнение определенных интегральных законов сохранения, справедливых для исходных дифференциальных уравнений. В общем виде дифференциальное уравнение переноса величины Φ можно представить:

$$\frac{\partial \rho \Phi}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i \Phi}{\partial x_i} - \left(\frac{\partial}{\partial x_i} \Gamma_\Phi \frac{\partial \Phi}{\partial x_i} \right) = S_\Phi, \quad (3.21)$$

где: Φ – переменная обозначающая различные величины, например: массовые концентрации химических компонентов, составляющие скорости, температура (или энтальпия), кинетическая энергия турбулентности; $\frac{\partial \rho \Phi}{\partial t}$ – производная по времени Φ , $\frac{\partial \rho u_i \Phi}{\partial x_i}$ – конвекционный член, $\left(\frac{\partial}{\partial x_i} \Gamma_\Phi \frac{\partial \Phi}{\partial x_i} \right)$ – диффузионный член, S_Φ – источник член. Решение дифференциальных уравнений (3.21) заключается в интегрировании по конечному объему:

$$\int_V \frac{\partial}{\partial t} (\rho \Phi) dV + \int_V \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i \Phi) dV - \int_V \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\Gamma_\Phi \frac{\partial \Phi}{\partial x_i} \right) dV = \int_V S_\Phi dV \quad (3.22)$$

где: Φ – величина (скорость, скаляр), Γ_Φ – коэффициент переноса (турбулентная вязкость, коэффициент диффузии и т. д.), S_Φ – силы, не включенные в

конвективную и диффузионную часть, а также дополнительные силы (сила тяжести, радиация и т. д.).

Используя теорему Остроградского — Гаусса, интеграл по объему можно записать через поверхностный интеграл:

$$\iiint_V \operatorname{div} \bar{\Phi} dV = \oint \Phi \bar{n} dF = \int_V S_\Phi dV \quad (3.23)$$

Следовательно:

$$\int_V \frac{\partial}{\partial t} (\rho \Phi) dV + \int_\sigma \left(\rho u_i \Phi - \Gamma_\Phi \frac{\partial \Phi}{\partial x_i} \right) n_i d\sigma = \int_V S_\psi dV \quad (3.24)$$

где σ — поверхность, ограничивающая объем V и n_i представляют собой компоненту вектора \bar{n} нормального к поверхности σ и направленный наружу. Уравнение (3.24) должно решаться в каждом контрольном объеме.

Для решения, систему основных и дополнительных уравнений тепломассопереноса необходимо дополнить начальными и граничными условиями.

Условия однозначности к основной системе уравнений (3.1)–(3.10) и дополнительных соотношений (3.11)–(3.20) состоят из геометрических, физических, граничных и начальных условий.

Геометрические условия принимаются следующими:

- координаты граничных поверхностей ограждающих конструкций помещения;
- координаты граничных поверхностей оборудования, находящегося в помещении;
- координаты границ открытых и закрытых проемов;

Физические условия имеют вид:

- теплофизические свойства компонентов газовой среды;
- теплофизические свойства материала ограждающих конструкций;
- теплофизические и химические свойства материала оборудования.

Граничные условия:

- на внутренних поверхностях строительных конструкций и оборудования:
 - проекции скоростей равны нулю: $w_x = w_y = w_z = 0$;
 - для уравнения энергии: $q_\Sigma = q_\lambda + q_k$, где q_λ – плотность лучистого теплового потока; q_k – плотность конвективного теплового потока;
 - для остальных параметров Φ (обобщенное уравнение (3.10)) принимается, что $\frac{\partial \Phi}{\partial n} = 0$, где n – нормаль к поверхности;
- на открытых проемах:
 - для всех параметров Φ принимается, что $\frac{\partial \Phi}{\partial n} = 0$ в области истечения газа наружу (открытые проемы, системы вытяжной вентиляции и местные отсосы);
 - в области поступления наружного воздуха внутрь (системы приточной вентиляции): давление, температура и концентрации компонентов соответствуют параметрам атмосферного воздуха (смесь кислорода и азота);
- на наружных поверхностях ограждающих конструкций:
 - параметры наружного воздуха: температура, скорость, направление ветра и давление;
- на открытой поверхности источника выделения:
 - проекция скорости перпендикулярно поверхности материала;

Начальные условия:

- параметры газовой смеси: температура и давление (распределение по высоте), либо равны температуре и давлению наружного воздуха;
- воздух в помещении неподвижен (скорость воздуха равняется нулю).

3.3. Алгоритм расчета тепломассопереноса и распространения вредных веществ в производственных цехах обувных предприятий

Моделированию процессов тепло- и массопереноса, в том числе, в расчетах параметров воздуха и для расчетов вентиляционных систем и процессов посвящено достаточно много работ [68, 172–180].

Использование методов CFD позволяет гибко изменять параметры вентиляции, такие как геометрия помещения или здания, приточные и вытяжные отверстия, а также физические параметры воздуха. Вычислительный эксперимент с применением методов вычислительной гидродинамики позволяет тестировать сценарии, которые были невозможны с использованием экспериментальных методов, и проводить более глубокое и всестороннее изучение физического явления.

Моделирование процессов в вычислительной гидродинамике, как правило, состоит из трех основных этапов, к которым все чаще добавляют еще один, четвертый этап (рисунок 3.2):

1. Pre-processing (создание модели и импорт для дальнейшей обработки, создание расчетной сетки);
2. Solver или сам Processing (задаются граничные условия, запуск решателя);
3. Post-processing (анализ и обработка результатов расчетов, визуализация результатов в виде графиков, изображений или анимации);
4. Optimization (оптимизация).

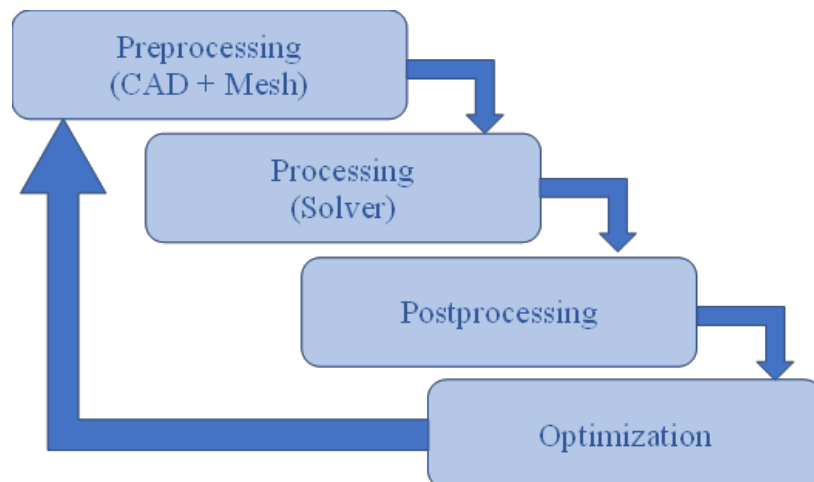


Рисунок 3.2 — Основные этапы моделирования в вычислительной гидродинамике

Для решения задач вычислительной гидродинамики разработан широкий спектр программного обеспечения, включающий как универсальные, так и узко специализированные пакеты программного обеспечения. В промышленности широкое применение находит коммерческое программное обеспечение (ANSYS Fluent, Star-CCM+, FloTHERM, COMSOL Multiphysics, PHOENICS, FLOW-3D и другие) [181–185], однако стоимость такого программного обеспечения может составлять десятки и сотни тысяч долларов, без учета стоимости распараллеливания кода. Академическая наука, как правило, тяготеет к свободному программному обеспечению (OpenFOAM, FDS, Elmer, code_Saturne и другие) [156, 186–189]. На рисунке 3.3 представлена структура свободного программного обеспечения, ориентированная на использование OpenFOAM, в качестве решателя, и совместимого с ним коммерческого ПО [190].

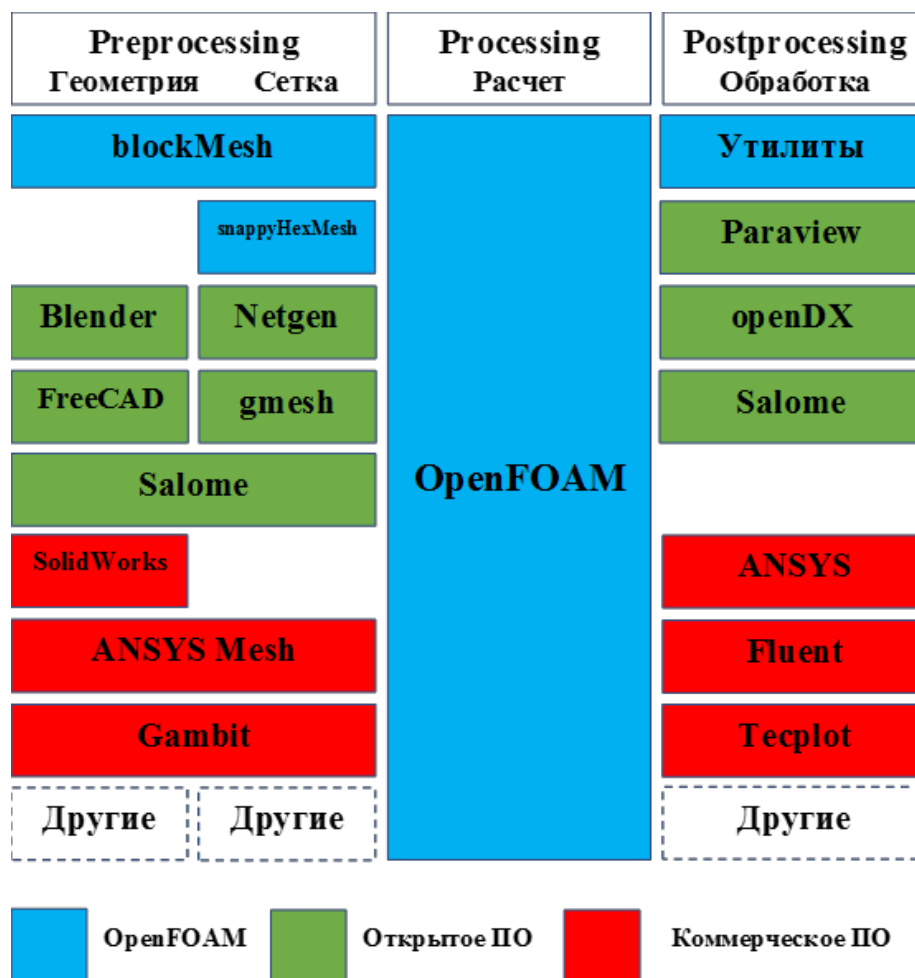


Рисунок 3.3 — Структура программного обеспечения для решения задач механики сплошной среды

На первом этапе моделирования (препроцессинге) для создания CAD-моделей применяются системы автоматизированного проектирования — CAD-системы (computer-aided design/drafting). В настоящее время существует достаточное количество некоммерческих CAD-систем, позволяющих подготовить геометрию расчетной области, к ним относятся, например Blender, FreeCAD, Open Cascade, Salome и другие [191–194].

В качестве примера рассмотрим SALOME [194]. SALOME — открытая интегрируемая платформа для численного моделирования представляет собой набор пре- и постпроцессинга. Первоначально задуманная как связующее CAD-система, она объединяет в себе различные модули, применяемые в приложениях численного моделирования — от моделирования в САПР до параллельных вычислений. САПР-средства в SALOME имеют достаточно тесную связь с платформой Open CASCADE Technology [193]. Продукты марки SALOME распространяются на условиях GNU Lesser General Public License. В основе SALOME прежде всего лежит концепция объектно-ориентированного программирования. SALOME представляет собой набор модулей, которые позволяют выполнять задачи, перечисленные выше [194].

Однако, необходимо отметить, что задание параметров 3D модели производственного помещения возможно в виде текстового файла, например, для использования программе FDS [195].

Следующий шаг первого этапа моделирования — создание расчетной сетки (Mesh). Расчет и построение сетки возможно как в SALOME, так и в специальных программах, генерирующих сетки, как например, snappyHexMesh (OpenFOAM), GMSH, Netgen, CFmesh и других [187]. На этом же шаге происходит определение и задание поверхностей с различными видами граничных условий.

Завершающей частью первого этапа является сохранение расчетной сетки в формате необходимом для дальнейших расчетов.

Для некоторых программ, в частности для FDS [195] возможно задание параметров расчетной сетки в текстовом файле.

Второй этап — проведение расчетов (Процессинг (Solving)). В настоящее время для решения задач вычислительной гидродинамики существует широкий спектр некоммерческого, свободного программного обеспечения и программного обеспечения с открытым исходным кодом, к которому относятся, на пример, `code_saturne`, Elmer, FDS, OpenFOAM [156, 186–189] и другие.

В данной работе, в качестве расчетных программ были использованы программы FDS и OpenFOAM.

OpenFOAM (Open Source Field Operation And Manipulation CFD ToolBox) — открытая интегрируемая платформа для численного моделирования задач механики сплошных сред [186, 187]. OpenFOAM имеет широкий спектр возможностей для решения сложных задач движения потоков жидкости, связанных с химическими реакциями, турбулентностью и теплообменом. Он включает в себя библиотеки теплофизических свойств материалов, моделей турбулентности, кинетики химических реакций и отслеживания движения Лагранжевых частиц, и более 80 решатели (Solver) для моделирования определенных проблем вычислительной гидродинамики, таких как, несжимаемые течения, сжимаемые течения, многофазные потоки, сопряженный тепло- и массоперенос, горение, прямое численное моделирование и метод крупных вихрей и многие другие.

OpenFOAM это платформа с открытым исходным кодом, что делает ее гибким инструментом, позволяющим включать дополнительные решатели, библиотеки и граничные условия, написанные пользователями для анализа конкретных задач.

В результате расчетов OpenFOAM формирует файлы полей расчетных параметров (температура, давление, компоненты скорости, концентрации и другие, в зависимости от решаемой задачи) в директориях, соответствующих расчетному времени.

FDS (Fire Dynamics Simulator) [195] свободное программное, которое реализует вычислительную гидродинамическую модель и численно решает уравнения Навье-Стокса для низкоскоростных температурно-зависимых потоков. FDS вычисляет температуру, плотность, давление, скорость и химический состав внутри каждой ячейки расчетной сетки на каждом отдельном временном шаге.

Обе программы, для численного интегрирования систем дифференциальных уравнений в частных производных, реализуют метод контрольных (конечных) объемов (МКО) и обеспечивают проведение расчетов на расчетных сетках с количеством расчетных ячеек составляющем от сотен тысяч до десятков миллионов и более, а для нестационарных течений учитывается временная динамика. Оба программных кода позволяют эффективно распараллеливать вычисления, эффективно используя вычислительные ресурсы.

Обработка больших объемов информации, ее анализ и визуализация являются отдельной сложной проблемой. В настоящее время среди свободного программного обеспечения, предназначенного для обработки и визуализации больших объемов информации, выделяют прежде всего ParaView и VisIt [196, 197].

Для представления результатов расчетов в программе FDS предназначена специальная программа SMV [195].

3.4. Программная реализация алгоритма расчетов и программное обеспечение моделирования параметров микроклимата и качества воздуха производственных помещений обувных предприятий

Объектом моделирования параметров микроклимата и качества воздуха рабочей зоны выбраны производственные цеха предприятия по производству обуви клеевого метода крепления. Для описания тепломассопереноса используется система трехмерных нестационарных нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных, включающая уравнения сохранения массы (уравнение неразрывности), сохранения импульса, сохранения энергии вязкой ньютоновской жидкости. Данная система уравнений дополняется уравнением состояния идеального газа (уравнение Менделеева — Клапейрона). Аналитическое решение данной системы уравнений не представляется возможным, поэтому в работе использованы численные методы расчета с помощью ЭВМ.

Компьютерная реализация численного решения описанной выше системы уравнений относится к области вычислительной гидродинамики CFD (Computational fluid dynamics). В настоящее время существует три основных метода

моделирования процессов турбулентного переноса для замыкания системы дифференциальных уравнений в частных производных при решении задач вычислительной гидродинамики и тепломассопереноса: прямое численное моделирование (Direct Numerical Simulation, DNS), метод крупных вихрей (Large Eddy Simulation, LES) и третий базируется на решении осредненных уравнениях Навье-Стокса (Reynolds-Averaged Navier-Stokes, RANS) [160, 161, 163, 198–200]

В работе рассматривается параллельная реализация численного метода решения трехмерных нестационарных уравнений Навье-Стокса при моделировании турбулентных течений тепломассопереноса различными методами, прежде всего методом крупных вихрей (LES). Метод моделирования крупных вихрей является компромиссным вариантом между прямым численным моделированием и решением осредненных уравнений Навье-Стокса. По сравнению с DNS, LES требует меньших вычислительных ресурсов и времени. В основе метода лежит два предположения. Первое состоит в возможности разделения поля течения на движение крупных и мелких вихрей. Осуществляется расчет крупных вихрей, которые находятся под прямым воздействием граничных условий, несущие в себе максимум рейнольдсовых напряжений. Мелкомасштабная турбулентность, имеющая универсальные характеристики, считается изотропной, следовательно является менее критичной и проще поддается моделированию. Второе предположение заключается в возможности аппроксимации нелинейных взаимодействий между крупными и мелкими вихрями только по крупным вихрям с использованием подсеточных моделей. То есть применяется гипотеза о статистической независимости крупных и мелких вихрей. Следовательно, мелкомасштабное движение исключается из исходных уравнений Навье-Стокса с применением операции фильтрации и моделируется с использованием подсеточных моделей. Наиболее популярными и часто используемыми фильтрующими функциями являются фильтры Гаусса и Фурье [201].

При расчетах с использованием метода контрольного объема фильтрация осуществляется естественным образом: в результате интегрирования дифференциальных уравнений, представляющих законы сохранения, по конечным

объемам. Среди применяемых подсеточных моделей можно выделить модель Смагоринского, двухточечные замыкания, динамические и модели одного уравнения. Имеющиеся подсеточные модели корректно предсказывают средние характеристики потока, а также моменты более высокого порядка и флуктуации интегральных характеристик. Роль подсеточного моделирования возрастает при увеличении числа Рейнольдса [202].

Для расчета динамики параметров микроклимата и качества воздуха в производственных цехах обувных предприятий были использованы два комплекса программ:

- программы FDS-SMV (Fire Dynamics Simulator) [195]. Программа FDS реализует вычислительную гидродинамическую модель и численно решает уравнения Навье-Стокса для низкоскоростных температурно-зависимых потоков, а программа Smokeview [195] предназначена для обработки результатов расчетов и их визуализации.

- программы Salome-OpenFOAM-ParaView [187, 194, 196]. В программе Salome проводилось проектирование и разработка геометрических моделей исследуемых объектов, с помощью утилиты snappyHexMesh программы OpenFOAM создавалась расчетная сетка, непосредственные расчеты проводились в программе OpenFOAM, а визуализация и обработка результатов расчетов в программе ParaView.

Применение свободного программного обеспечения характеризуется сочетанием минимальных материальных затрат с использованием самых современных возможностей математического моделирования. Моделирование с помощью использованного программного обеспечения дало возможность получить полную картину динамики изменения параметров микроклимата и качества воздуха, определить локальные зоны с параметрами, не соответствующими нормативным требованиям (температура, концентрации загрязняющих веществ) в любой пространственной точке помещения, что принципиально невозможно сделать с помощью инструментального контроля.

ВЫВОДЫ ПО III ГЛАВЕ

1. Проведен анализ методов расчета параметров микроклимата и качества воздушной среды производственных помещений обувных предприятий. Отмечено, что в последнее время наблюдается стремительный рост количества научной литературы по применению вычислительной гидродинамики в исследованиях вентиляции и воздухообмена в помещении. Благодаря увеличению мощностей используемых для вычисления компьютеров вычислительная гидродинамика (Computational Fluid Dynamics, CFD) стала неотъемлемой частью научных исследований и инженерных разработок сложных систем распределения воздуха и вентиляции в зданиях.

2. Разработана математическая модель тепломассопереноса в производственных цехах обувных предприятий, состоящая из системы основных дифференциальных уравнений (законов сохранения массы, импульса и энергии) и дополнительных уравнений, необходимых для ее замыкания.

3. Разработан алгоритм расчета теплопереноса и распространения вредных веществ в производственных цехах обувных предприятий. Определены основные этапы моделирования.

4. Представлена программная реализация разработанного алгоритма. В качестве программного обеспечения для реализации алгоритма расчетов предложено использовать свободное программное обеспечение.

5. Для расчета динамики параметров микроклимата и качества воздуха в производственных цехах обувных предприятий предлагается использовать два комплекса программ с открытым исходным кодом:

- программы FDS-SMV (Fire Dynamics Simulator). Программа FDS реализует вычислительную гидродинамическую модель и численно решает уравнения Навье-Стокса для низкоскоростных температурно-зависимых потоков, а программа Smokeview предназначена для обработки результатов расчетов и их визуализации.

- программы Salome-OpenFOAM-ParaView. В программе Salome проводилось проектирование и разработка геометрических моделей исследуемых объектов, с помощью утилиты snappyHexMesh программы OpenFOAM создавалась расчетная сетка, непосредственные расчеты проводились в программе OpenFOAM, а визуализация и обработка результатов расчетов в программе ParaView.

6. Использование свободного программного обеспечения характеризуется сочетанием минимальных материальных затрат с использованием самых современных возможностей математического моделирования. Моделирование с помощью использованного программного обеспечения позволит получить полную картину динамики изменения параметров микроклимата и качества воздуха, определить локальные зоны с параметрами, не соответствующими нормативным требованиям (температура, концентрации загрязняющих веществ) в любой пространственной точке помещения, что принципиально невозможно сделать с помощью инструментального контроля.

ГЛАВА IV. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА И КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ОБУВНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В ряде публикаций соискателем в соавторстве изучены особенности численного моделирования процессов теплообмена в производственных цехах производств легкой промышленности [12, 13, 15, 175, 203–211] (совместно с Пикалевым А.В., Тихоновой Н. С., Курановым В.В., Кочетовым О. С., Тюриным М.П., Акатьевым В. А., Александровым А. А. и др.)

В работах [212–225] автором в соавторстве с Богдановым О. И., Дюбановым М. В., Кочеровым А. В., Курановым В. В., Гуторовой Н. В., Артемовым А. В. рассмотрены вопросы расчета и моделирования распространения вредных веществ и химической безопасности как в помещениях промышленных, в том числе обувных, предприятий, так и вопросы загрязнения атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий.

Вопросам расчета и моделирования процессов распространения пыли и пылеулавливающего оборудования посвящены работы автора [176, 226–237] (в соавторстве с Костылевой В.В., Алейниковым В.Ю., Полиэфтовой А.П., Бородиной Е.С., Кочетовым О. С., Моргун О. С., Давыдовой А. Д., Петровой О. О.)

Работы [238–240] (в соавторстве с Кочетовым О.С., Бородиной Е.С., Халитовым К.А., Курановым В.В., Белоус Е.А.) посвящены вопросам шумозащиты и акустического комфорта работников легкой промышленности

Работы [11, 241–245] посвящены общим вопросам обеспечения безопасности и нормальных условий труда на рабочих местах промышленных предприятий.

В Приложении Б приведены патенты и авторские свидетельства, полученные автором по результатам диссертационного исследования.

Как ранее было отмечено в главе III, моделирование процессов в вычислительной гидродинамике, как правило, состоит из трех основных этапов, к которым все чаще добавляют еще один, четвертый (рисунок 3.2):

1. Pre-processing (создание модели и импорт для дальнейшей обработки, создание расчетной сетки);
2. Solver или сам Processing (задаются граничные условия, запуск решателя);
3. Post-processing (анализ и обработка результатов расчетов, визуализация результатов в виде графиков, изображений или анимации);
4. Optimization (оптимизация).

В следующих разделах диссертации представим более подробно этапы моделирования параметров микроклимата и качества воздуха в производственных цехах обувных предприятий с использованием программы FDS-SMV (Fire Dynamics Simulator) [195], реализующей вычислительную гидродинамическую модель и численно решающей уравнения Навье-Стокса для низкоскоростных температурно-зависимых потоков.

4.1. Разработка геометрии пространственной области расчетной модели и задание свойств объектов модели. Особенности создания расчетных сеток

Основу работы FDS определяет входной файл в текстовом формате (ASCII – American Standard Code for Information Interchange), содержащий параметры, которые организованы в группы (таблица 4.1). Входному файлу присваивается собственное имя, по которому в дальнейшем можно идентифицировать расчет.

Создание входного файла представляет собой этап препроцессинга, во входном файле содержится вся необходимая исходная информация как для описания собственно модели, так и сценария расчетов. (рисунок 4.1).

Таблица 4.1 — Группы параметров, используемые во входном файле FDS [195]

Название группы	Описание группы параметров
BNDF	Boundary File Output Выходной файл, значение на поверхности твердых тел
CTRL	Control Function Parameters Параметры функции управления
DEVC	Device Parameters Параметры устройства
DUMP	Output Parameters Параметры вывода
HEAD	Input File Header Заголовок входного файла
HOLE	Obstruction Cutout Отверстие
INIT	Initial Condition Начальное условие
ISOF	Isosurface File Output Вывод файла изоповерхности
MATL	Material Property Свойство материала
MESH	Mesh Parameters Параметры сетки
MISC	Miscellaneous Вспомогательные параметры
OBST	Obstruction Препятствие
PART	Lagrangian Particle Лагранжева частица
PROF	Profile Output Вывод профиля
PROP	Device Property Свойства устройства
RADI	Radiation Излучение
RAMP	Ramp Profile Линейная характеристика
REAC	Reactions Реакции
SLCF	Slice File Output Выходной файл, значения параметров в плоскости
SPEC	Species Parameters Параметры видов веществ
SURF	Surface Properties Свойства поверхности
TIME	Simulation Time Время моделирования
TRNX	Mesh Stretching Растяжение сетки
VENT	Vent Parameters Параметры вентиляционного отверстия
ZONE	Pressure Zone Parameters Параметры зоны давления

```

ZCEX-ww.fds - Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
&HEAD CHID='ZCEX-ww', TITLE='1 ETAG'/

&MESH IJK=300,180,24, XB=0., 60., 0., 36., 0.0, 4.8/

&TIME T_END=900.0/

&INIT XB=0., 60., 0., 36., 0.0, 4.8, TEMPERATURE=22. /

&MISC TMPA=22. /

&VENT MB='YMAX', SURF_ID='OPEN' /

&DUMP MASS_FILE=TRUE./
&ISOQ QUANTITY='ET', VALUE(1)=0.0002 /

/цвет оборудования
&SURF ID='ST', COLOR='OLIVE'/ СТЕНА
&SURF ID='KV', COLOR='OLIVE DRAB'/ КОНВЕЙЕР
&SURF ID='KV74', COLOR='BLUE'/
&SURF ID='KV24', COLOR='TAN', CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.03/0,25кВт
&SURF ID='KV34', COLOR='BLACK'/
&SURF ID='KV78', COLOR='GREEN'/
&SURF ID='KV25', COLOR='MELON', CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.207/1,65 кВт
&SURF ID='KV38', COLOR='AQUAMARINE', CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.252/2,0кВт
&SURF ID='KV87', COLOR='BEIGE'/
&SURF ID='KV37', COLOR='BLUE VIOLET', CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.67/5,38кВт
&SURF ID='KV39', COLOR='BRICK', CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.138/1,01кВт
&SURF ID='KV390', COLOR='BROWN'/
&SURF ID='KV380', COLOR='BURNT SIENNA'/
&SURF ID='KV181', COLOR='BURNT SIENNA', CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.225/0,6 кВт
Стр 33, стр6 67 100% Windows (CRLF) ANSI

```

Рисунок 4.1 — Входной файл FDS

Расчётная область в модели представлена в виде одного или нескольких граничащих между собой прямоугольных параллелепипедов со сторонами параллельными осям Декартовой (прямоугольной) системы координат, каждый из которых для создания расчетной сетки разбивается на определенное количество расчетных ячеек также в форме прямоугольных параллелепипедов. Для задания расчетной области в программе FDS команда

`&MESH IJK=210,155,34, XB=0.,21.,0.,15.5,0.,3.4` / Расчетная область

В данном примере задана область расчетов размеры которой по оси x составляют от 0 до 21 м, по оси y – от 0 до 15,5 м и по оси z – от 0 до 3,4 м. Оси x , y и z разбиты на 210, 155 и 34 ячейки, соответственно. Таким образом, расчетная область разбита более чем на один миллион контрольных (конечных) объемов, размером 0,1х0,1х0,1 м.

На рисунке 4.2 представлено сеточное разбиение расчетной области модели цеха сборки обуви, для которого количество ячеек сетки превысило два миллиона.

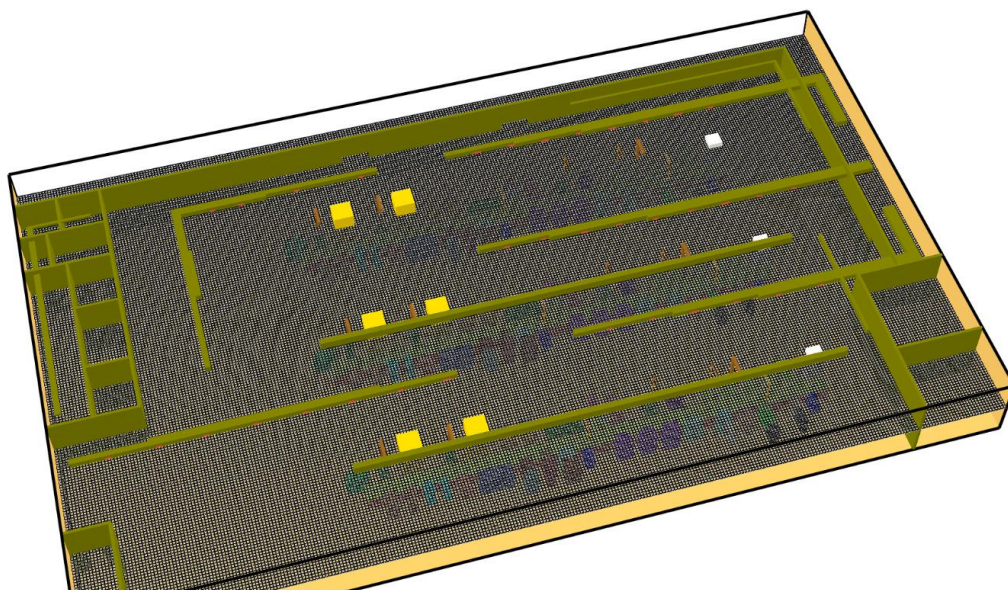


Рисунок 4.2 — Сеточное разбиение расчетной области цеха сборки обуви

Разработка любой математической модели начинается с описания свойств объектов, материалов и веществ, используемых в расчете. Для задания свойств твердых тел и газообразных веществ использовалась группа SURF. Характеристики материалов и веществ, используемых в построении модели, приведены в (таблица 4.2) [195].

Таблица 4.2 — Свойства материалов и веществ

№ п/п	Параметр	Единицы измерения	Обозначение	Значение по умолчанию
1	Удельная теплопроводность	Вт/мК	CONDUCTIVITY	0
2	Удельная теплоемкость	кДж/кг·К	SPECIFIC HEAT	0
3	Плотность	кг/м ³	DENSITY	0
4	Коэффициент черноты		EMISSIVITY	0.9
5	Массовый расход вещества	кг/с*м ²	MASS FLUX	*
6	Молекулярная масса вещества	г/моль	MW	
7	Скорость потока газовой среды	м/с	VEL	
8	Динамическая вязкость	кг/м·с	VISCOSITY	
9	Удельная проводимость	Вт/м*К	CONDUCTIVITY	
10	Потенциал Леннарда-Джонса		SIGMALJ	
11	ε/k		EPSILONKLJ	

Примечание: * - Данные параметры задавались для каждого анализируемого вещества

С помощью группы SURF задавалась скорость выделения вредных веществ с поверхности источника выделения (емкость с клеем, намазанная клеем деталь обуви и т.д.):

&SURF ID='ACN', MASS_FLUX(1)=0.035/

&OBST XB=2.25,2.4,1.9,2.3,0.9,1.1, COLOR='GREEN', SURF_IDS= 'ACN',
'INERT','INERT' /,

где: &SURF ID='ACN' – выделяющиеся вредные вещества, MASS_FLUX(1) – выделение вредных веществ, кг/с*м², &OBST XB – источник выделения, COLOR='GREEN' – цвет объекта, SURF_IDS= 'ACN', 'INERT','INERT' – поверхность объекта, с которой происходит выделение.

Для решения поставленных задач в работе при задании свойств веществ была использована группа SPEC – Species Parameters, параметры видов веществ. С помощью этой группы задается каждое дополнительное газообразное вещество, входящее в вычислительный домен. В FDS существует перечень газов с заданными по умолчанию свойствами (таблица 4.3) [195]. Если же вещество отсутствует в таблице 5.3, то его свойства необходимо задать вручную, иначе ему будут присвоены соответствующие значения 'AIR' (воздух):

&SPEC ID='ACETILEN', MW=88.1, DIFFUSIVITY=0.3161 /

где: MW – молекулярная масса, г/моль, DIFFUSIVITY — коэффициент диффузии, м²/с.

Таблица 4.3 — Перечень компонентов газов, заданных в FDS

Компонент	Молекулярная масса (г/моль)	σ	(Å)
AIR (воздух)	29	3.711	78.6
CARBON DIOXIDE (диоксид углерода)	44	3.941	195.2
CARBON MONOXIDE (окись углерода)	28	3.690	91.7
HELIUM (гелий)	4	2.551	10.22
HYDROGEN (водород)	2	2.827	59.7
METHANE (метан)	16	3.758	148.6
NITROGEN (азот)	28	3.798	71.4
OXYGEN (кислород)	32	3.467	106.7
PROPANE (пропан)	44	5.118	237.1
WATER VAPOR (водяной пар)	18	2.641	809.1

В процессе работы над математической моделью была проведена доработка программного обеспечения, заключающаяся в создании базы физико-химических показателей газообразных веществ характерных для обувного производства, таких как ацетон, этилацетат, аммиак, бутилацетат, винулацетат, диметилформамид, капролактам, ксилол, метиловый спирт, оксид углерода, стирол, формальдегид, хлор, хлоропрен и др. [246].

В соответствии с [247] база данных включала значения молекулярной массы, динамической вязкости, коэффициенты теплопроводности и диффузии. В настоящий момент база данных включает более 10 газообразных веществ, характерных для обувного производства, и может быть при необходимости дополнена.

4.2. Пространство цеха и ограждающие конструкции

При создании математической модели в FDS значительную часть времени занимает описание геометрических свойств объектов и граничных условий, связанных с ними.

Создаваемая геометрия описывается прямоугольными препятствиями, которые могут обладать физическими свойствами (нагреваться, выделять тепло, выделять с поверхности различные химические вещества в твердом и газообразном состояниях).

Геометрия объектов (стен, окон, дверей, полов, производственного оборудование, человека) для входного файла задается, как ряд прямоугольных блоков. Группа OBST содержит параметры для описания препятствий:

```
&OBST XB = 0.5,1.1,0.5,1.1,0.0,0.1, SURF_ID= 'wall '/
```

Где & — символ начала команды; OBST — имя группового параметра; XB — граница, область которая задается шестеркой чисел; , - разделитель; SURF_ID= 'wall ' — свойство поверхности; / - символ окончания.

Каждая строка OBST содержит координаты прямоугольного твердого тела в пределах домена. Твердое тело (рисунок 4.3) задается координатами двух точек

$(x_1 y_1 z_1)$ и $(x_2 y_2 z_2)$, которые записываются в строке OBST с помощью параметра $XB = x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2$.

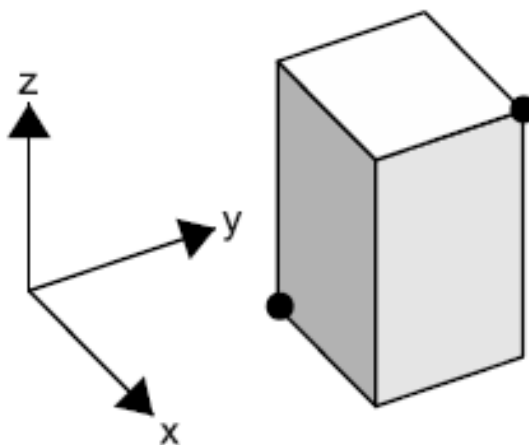


Рисунок 4.3 — Построение элементов геометрии модели

Внешняя граница вычислительного домена считается твердой поверхностью с температурой, равной температуре окружающей среды. То же самое применительно и к препятствиям.

Для задания свойств твердых тел использовали группу SURF в FDS. Твердые тела состоят из слоев, которые могут быть выполнены из разных материалов. Свойства каждого материала обозначалось через группу MATL. Во входном файле MATL присутствует параметр ID, он служит для соотнесения с определенной группой SURF через параметр MATL_ID. Характеристики материалов, используемых в построении модели, приведены в (таблица 4.2).

В качестве примера описания свойств рассмотрен следующий объект — металлическая колонна:

MATL ID = 'STEEL', материал – сталь

CONDUCTIVITY = 45.8 - удельная теплопроводность (Вт/мК),

SPECIFIC_HEAT = 0.46 - удельная теплоемкость (кДж/кг·К),

DENSITY = 7850 плотность (кг/м³),

EMISSIVITY = 1.0 коэффициент черноты.

Твердое тело может состоять из разных многослойных материалов, и каждый слой может содержать составные компоненты материала. Например, поверхность кирпичной стены, &SURF ID = 'BRICK WALL', состоящая из выше

рассмотренного материала кирпича `MATL_ID = 'BRICK'` с добавлением других различных материалов. Зададим цвет материала `COLOR = 'RED'`. Требуется, чтобы тепло проходило через стену в пространство за стеной, параметр `BACKING='EXPOSED'`, толщина слоя `THICKNESS = 0.20 /`

Геометрия `&OBST XB=0.1, 5.0, 1.0, 1.2, 0.0, 1.0, SURF_ID='BRICK WALL'/` — кирпичная стена длиной 4.9 м, высотой 1 м и толщиной 20 см. Указанная строкой `OBST` толщина стены не обязана совпадать с указанной строкой `SURF`. Толщина материала на поверхности стены задается параметром `THICKNESS` (толщина). Строка `OBST` задает общую геометрическую структуру, а `SURF` характеристика поверхностей, которые включает в себя толщину слоев материалов, примененной к той поверхности.

Тепловые свойства твердой границы задаются через группу `MATL`. Значение температуры поверхности в °C — `TMP_FRONT`. Для твердой поверхности с постоянным конвективным тепловым потоком параметр `CONVECTIVE_HEAT_FLUX` (конвективный тепловой поток), в кВт/м², положительным — стена нагревает газы окружающей среды или отрицательным — стена охлаждает газы окружающей среды. Лучистый тепловой поток задан обоими параметрами `TMP_FRONT` и `EMISSIVITY`.

Поверхностям оборудования, стен, окон, одежды в модели заданы физические свойства материалов: удельная теплопроводность; удельная теплоемкость; плотность; коэффициент черноты. Исходные начальные граничные условия: время моделирование, температура воздуха в помещении, скорость движения воздуха, относительная влажность воздуха, барометрическое давление, наружные микроклиматические данные.

Для моделирования распространения пылевых выделений, возникла необходимость описать свойства частицы пыли и поведение воздушной массы, содержащей пылевые выделения, так как в ПО изначально они заданы не были. Для решения данной задачи использована следующая комбинация команд (на примере кожаной пыли):

```
&PART      ID='viz_DUST_KOZHA_NAT',      MASSLESS=.TRUE.,
QUANTITIES(1:2)='PARTICLE TEMPERATURE','PARTICLE AGE', RGB=0,0,255/
Lagrangian particles
```

```
&SPEC      ID='DUST_KOZHA_NAT',      AEROSOL      =      .TRUE.      ,
MEAN_DIAMETER=0.0001,      DENSITY_SOLID=900,
CONDUCTIVITY_SOLID=100000/
```

```
&SURF      ID='DUST_KOZHA_NAT',      MASS_FLUX=0.011,
SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT', PART_ID='viz_DUST_KOZHA_NAT'/
```

Где:

С помощью команды PART задаются свойства частиц пыли, как лагранжевых частиц;

SPEC – команда, описывающая поведение объекта в пространстве (аэрозоль), средний диаметр частицы пыли, её плотность и проводимость;

SURF – даёт возможность собрать все вышеописанные свойства объекта воедино, под командой ID='DUST_KOZHA_NAT', а также задать массовый расход вещества.

Таким образом задано 5 видов пылевывделений для моделирования их распространения в воздух рабочей зоны при выполнении операций раскроя и разрубка материалов на детали обуви в раскройно-вырубочном цехе АО «Егорьевск-обувь» (таблица 4.4)

Таблица 4.4 — Свойства частиц пыли для 5 видов материалов, подвергающихся раскрою и разрубку в раскройно-вырубочном цехе АО «Егорьевск-обувь»

№ п/п	Вид пылевывделений	Плотность, кг/м ³	Средний диаметр, м	Проводимость, Сименс
1	Кожевенная	900	0.0001	100000
2	Войлок	330		
3	Гетинакс	1350		
4	Картон обувной	900		
5	Текстиль	600		

Так как в пространстве смесь воздуха и частиц пыли ведёт себя как аэрозоль, массой частиц пренебрегаем.

С помощью группы SURF задавалась скорость выделения пыли с поверхности источника выделения.

Группа команд VENT.

На вентиляционных шахтах, построенных группой команд OBST, посредством группы команд VENT размещается вентиляция.

Пример создания вентиляционного отверстия с помощью команды VENT:

```
&VENT XB=6.1,6.1,1.3,1.6,3.1,3.3, SURF_ID='OUTLETL1700'/
```

где:

& – символ начала строки;

VENT – имя группового параметра;

XB – границы объекта, которые задаются шеступлетом X1, X2, Y1, Y2, Z1, Z2.

При задании вентиляционного отверстия обязательно располагать его в плоскости, т.е. два из шести значений границ объекта по одной из осей X, Y, Z должны совпадать;

SURF_ID – параметр свойств объекта (задаётся отдельной строкой с помощью группы команд SURF)

«,» – разделитель;

«/» – символ окончания, после которого возможно оставлять текстовый комментарий.

В качестве примера на рисунке 4.4 представлена модель раскройно-штамповочного цеха с установленным оборудованием и системами вентиляции.

Как было отмечено ранее теплообмен человека с окружающей средой происходит за счет теплопроводности, конвекции, лучистого теплообмена и массообмена, который выражается испарением влаги при дыхании и потоотделением (рисунок 1.4).

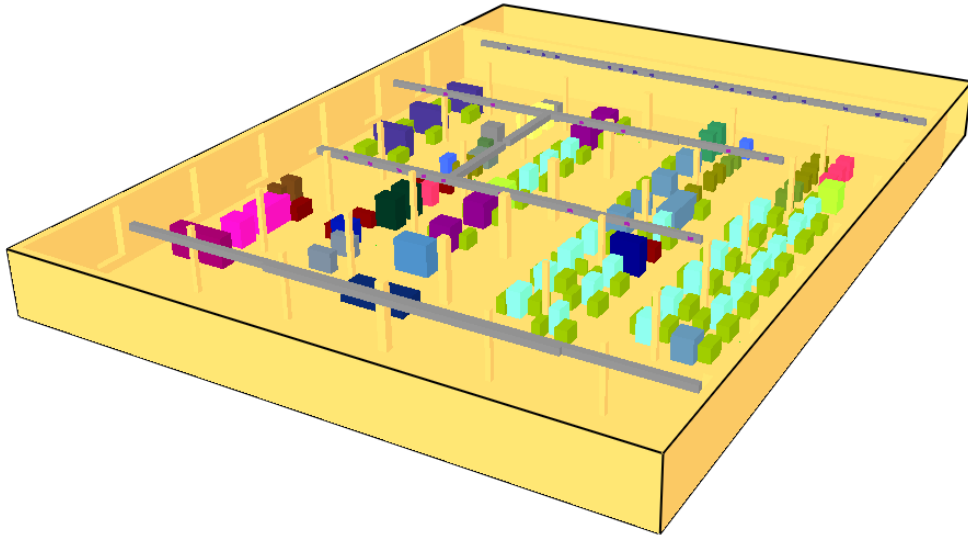


Рисунок 4.4 — Модель раскройно-штамповочного цеха с оборудованием и системами вентиляции.

Общее тепловыделение человека в процессе труда определяется интенсивностью энергозатрат и зависит от категории работ, выполняемых работником. Таким образом, при моделировании производственного персонала необходимо учесть это взаимодействие.

В литературе вопросам теплового взаимодействия человека с окружающей средой уделено значительное внимание [248–254].

Геометрическая модель человека, которая используется в расчетах, в значительной мере определяется возможностями программного обеспечения, используемого на этапе препроцессинга, как для создания, собственно, 3D модели, так и расчетной сетки.

В данном исследовании для проведения моделирования использованы две группы open source программ и созданные в них модели отражают особенности применяемых в них методов дискретизации расчетного пространства.

В программе FDS пространственная область разбивается расчетной сеткой на прямоугольные параллелепипеды со сторонами параллельными осям Декартовой (прямоугольной) системы координат, что в итоге определяет вид модели человека (рисунок 4.5). На рисунке представлена модель сидящего человека (рисунок 4.5а) и фрагмент расчетной сетки (рисунок 4.5б).

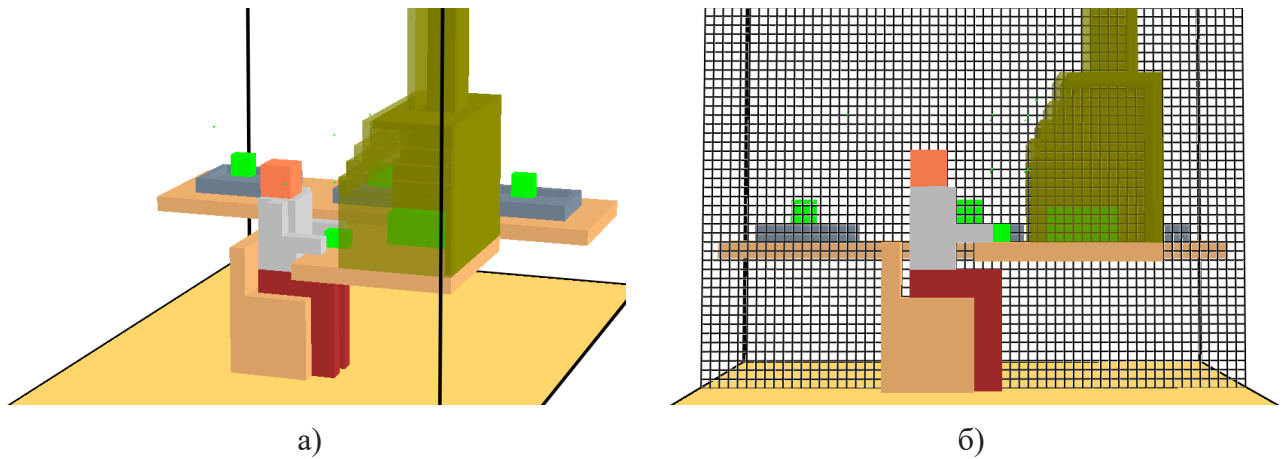


Рисунок 4.5 — Геометрическая модель человека в программе FDS
а) модель сидящего человека; б) фрагмент расчетной сетки

Фрагмент входного файла, описывающего геометрические размеры модели человека и тепловыделения в процессе труда, представлен на рисунке 4.6.

```

_01.fds - Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
/===== ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПЕРСОНАЛ =====/

&SURF ID='employee01tors', CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.27 /0,15кВт=150 Вт - тепловыделение человека в процессе труда
/(площадь тепловыделения принята 0,56 кв.м) ; таким образом
/ 150Вт/0,56 кв.м = 268 Вт/кв.м= 0,27 кВт/кв.м
&SURF ID='employee01ple', CONVECTIVE_HEAT_FLUX=1.25 /0,15кВт=150 Вт - тепловыделение человека в процессе труда
/(площадь тепловыделения принята 0,12 кв.м) ; таким образом
/ 150Вт/0,12 кв.м = 1250 Вт/кв.м= 1,25 кВт/кв.м

/----- Рабочее место - сидя -----
/Шаблон

/ &OBST XB= 0.0, 0.3, -0.1, 0.1, 1.0, 1.2, COLOR='ANTIQUÉ WHITE' / голова
/ &OBST XB= 0.0, 0.3, -0.2, 0.2, 0.5, 1.0, SURF_IDS='employee01ple','employee01tors','INERT', /COLOR='SILVER' / грудь
/ &OBST XB= 0.0, 0.7, -0.2, 0.2, 0.4, 0.5, COLOR='IVORY BLACK' / таз
/ &OBST XB= 0.7, 0.9, -0.2, -0.1, 0.0, 0.5, COLOR='IVORY BLACK' / нога
/ &OBST XB= 0.7, 0.9, 0.1, 0.2, 0.0, 0.5, COLOR='IVORY BLACK' / нога
/ &OBST XB= 0.3, 0.7, -0.2, -0.1, 0.7, 0.8, COLOR='SILVER' / рука
/ &OBST XB= 0.3, 0.7, 0.1, 0.2, 0.7, 0.8, COLOR='SILVER' / рука
/ &DEVC XYZ= 34.5, 30.6, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP__' /
/ &DEVC XYZ= 11.8, 4.8, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK__' /

```

Рисунок 4.6 — Фрагмент входного файла.

Если в качестве программы для создания 3D-модели используется САD платформа SALOME, а в качестве генератора расчетной сетки, snappyHexMesh (OpenFOAM), то и модель (рисунок 4.7а), и расчетная сетка (рисунок 4.7б) имеют другой внешний вид.

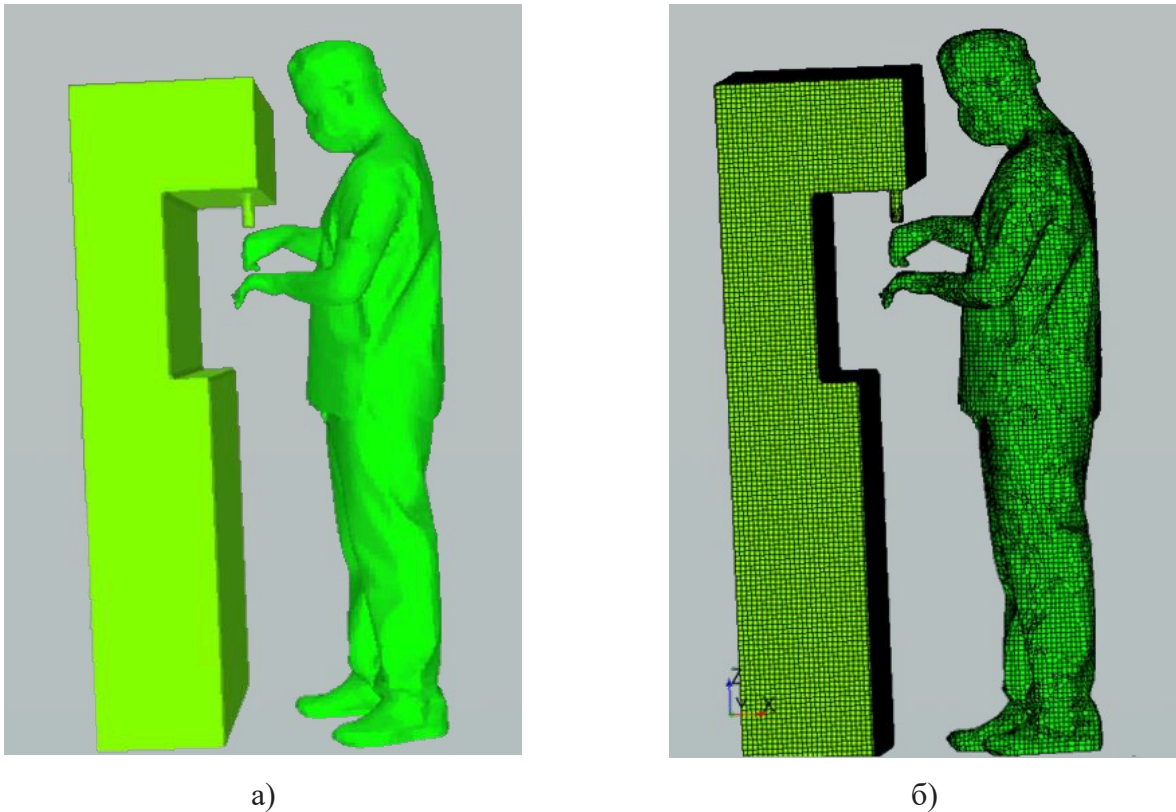


Рисунок 4.7 — Геометрическая модель операции оглаживания затянутых заготовок верха горячим воздухом в программе SALOME- snappyHexMesh (OpenFOAM): а) модель стоящего человека (SALOME); б) фрагмент расчетной сетки (snappyHexMesh (OpenFOAM))

Для описания процессов теплообмена на поверхности тела человека задаются граничные условия второго рода, а именно значения теплового потока для каждой точки поверхности тела в любой момент времени τ (4.1). В рассматриваемой модели задаются условия постоянства теплового потока (4.1), которые зависят от вида выполняемых работ.

$$q = f(x, y, z, \tau) \text{ или } q = const \quad (4.1)$$

где x, y, z — координаты источников члена.

Разные подходы к дискретизации расчетного пространства имеют как свои достоинства, так и свои недостатки. Главным достоинством первого подхода является, как правило, создание расчетных сеток с меньшим количеством ячеек за счет упрощения исходной геометрической модели, что, в свою очередь, обеспечивает меньшие вычислительные затраты. Однако, при сравнимом уровне детализации такие расчетные сетки значительно проигрывают.

При втором подходе при прочих равных условиях возрастают вычислительные затраты, связанные с необходимостью учитывать

неортогональность граней расчетных ячеек. Однако, существенно более высокая точность моделирования сложных поверхностей является основным достоинством этого подхода. Также необходимо отметить, что при втором подходе более гибкое управление размером расчетных ячеек позволяет эффективно описывать области с быстрым изменением тепловых и гидродинамических характеристик течений используя мелкие ячейки в этих областях, а более крупные ячейки в областях с плавным изменением параметров. В этом же подходе возможно использование динамических сеток.

Результаты моделирования имеют хорошую согласованность, что связано с использованием в расчетных моделях метода контрольного объема консервативных разностных схем, обеспечивающих выполнение законов сохранения на сеточном уровне.

4.3. Анализ результатов расчетов параметров микроклимата и качества воздушной среды производственных помещений обувных предприятий

Для вывода рассчитанных FDS параметров, формируется выходная группа команд.

Группа команд SLCF

С помощью команды SLCF задаётся анимация контролируемых параметров математической модели.

Так, например, для вывода в анимированном виде изменений скорости движения воздуха, необходимо задать следующую команду:

```
&SLCF PBZ=0.1, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
```

Где:

& — Символ начала строки;

SLCF — имя команды;

PBZ — параметр, задающий плоскость, на которой будет осуществляться контроль результатов расчетов. Задаётся в виде одного значения по осям X, Y

или Z. Например, при значении $PBZ=0.1$, под контроль попадает плоскость всего цеха на высоте 0.1 м;

QUANTITY='VELOCITY' — искомый параметр, например, скорость движения воздуха;

VECTOR=.TRUE. — активационная команда.

С помощью команды SLCF в математической модели заданы анимации для контроля изменения скорости движения воздуха, температуры, частиц пыли (кожевенная, войлочная, текстильная, картонная и пыль гетинакса) по всему пространству рабочей зоны в координатах X, Y или Z.

Группа команд DEVC

Задаётся в математической модели для вывода контролируемых параметров в виде электронных таблиц.

Все изменения контролируемых параметров во времени задаются в виде строки:

&DEVC XYZ=11.8, 4.8, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TEMP'/

& — Символ начала строки;

DEVC — имя группового параметра;

XYZ — координаты точки пространства, в которой производится замер;

QUANTITY='TEMPERATURE' – искомый параметр, например, температура;

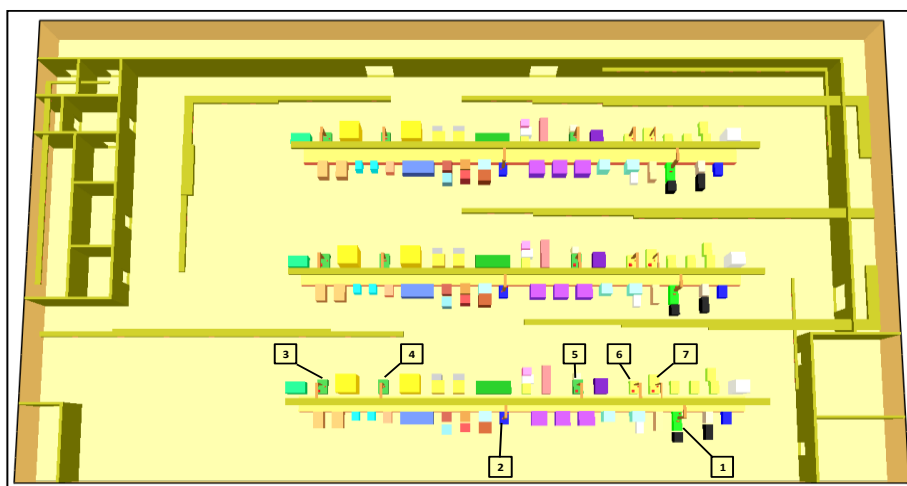
ID='TEMP' — идентификатор столбца для таблицы выгрузки.

Для более подробного и точного описания процессов тепломассопереноса в цехе сборки обуви, необходимо оценить и учесть потоки всех вредных выделений, и прежде всего, потоки всех тепло- и влаговывделений. Исходные данные для построения математической модели приведены и проанализированы ранее в Главе II.

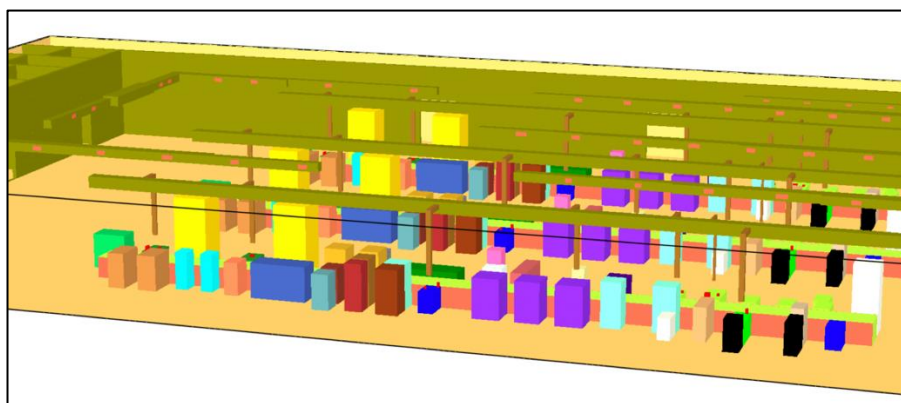
Разность теплопоступлений в помещение и теплопотерь помещения называется теплоизбытками (если разность больше нуля) или теплонедостатками (если разность отрицательна). В вентилируемых помещениях, как правило, даже в холодный период года (при работающем отоплении) имеют место теплоизбытки.

Модель тепломассопереноса учитывает тепловыделения от человека, оборудования, отопления и вентиляции [255]. Расход основных и вспомогательных материалов на каждую операцию сборки обуви, мощность производственного оборудования, систем общеобменной и местной вентиляции принимались в соответствии с рабочим проектом и технологией сборки обуви, представленной обувной фабрикой АО «Егорьевск-обувь».

Согласно рабочему проекту обувной фабрики АО «Егорьевск-обувь», в среде FDS построена модель цеха сборки обуви клеевого метода крепления (рисунок 4.8). Графическое отображение построенной модели реализовано в ПО Smokeview [195, 256].



а)

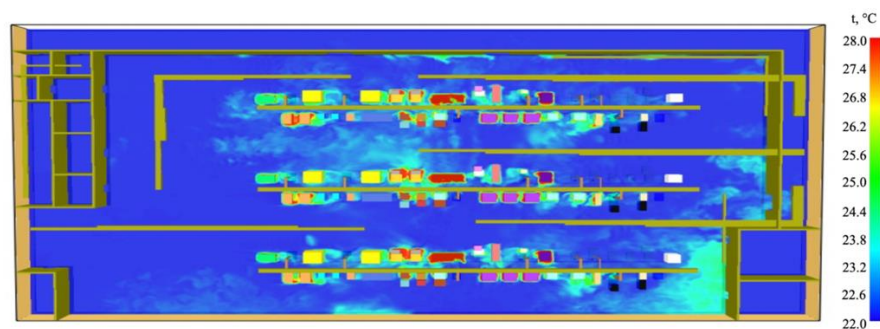


б)

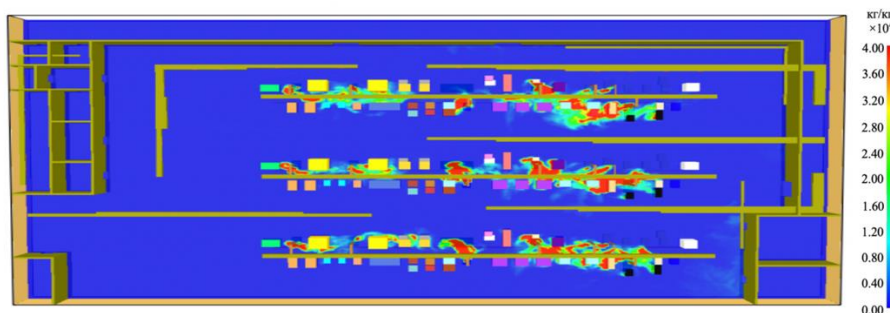
Рисунок 4.8 — Модель цеха сборки обуви фабрики АО «Егорьевск-обувь»: а) организация рабочих мест для выполнения клеевых операций, где: 1 – вклеивание задника, 2 – намазка затяжной кромки заготовки верха обуви и основной стельки клеем, 3 – 1-ая намазка подошвы, 4 – 2-ая намазка подошвы, 5 –ручная отделка обуви, 6 – дублирование стельки, 7 – ретуширование обуви; б) компоновка оборудования.

Исходя из паспортных данных оборудования определены тепlopоступления от электродвигателей, станков и механизмов. В результате построена модель цеха сборки обуви, в котором происходит распространение ацетона и этилацетата в результате применения полиуретанового и полихлоропренового клеев и тепловыделения от оборудования.

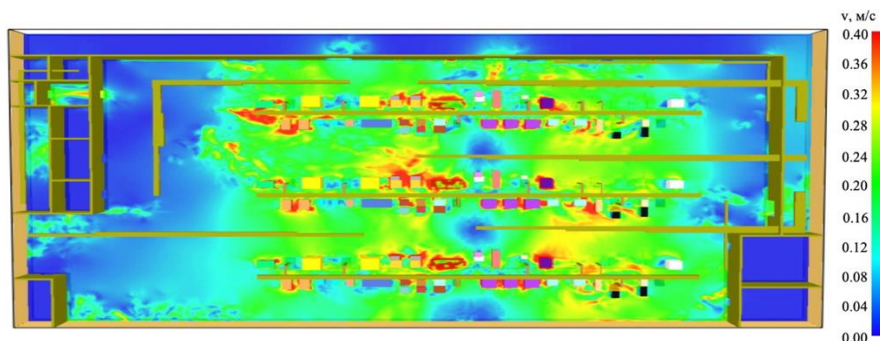
На основе численного расчета тепломассопереноса были получены подробные поля изменения концентраций ацетона и этилацетата в воздухе рабочей зоны, а также температур и скоростей движения воздуха на рабочих местах при выполнении технологических операций (рисунок 4.9)



а)



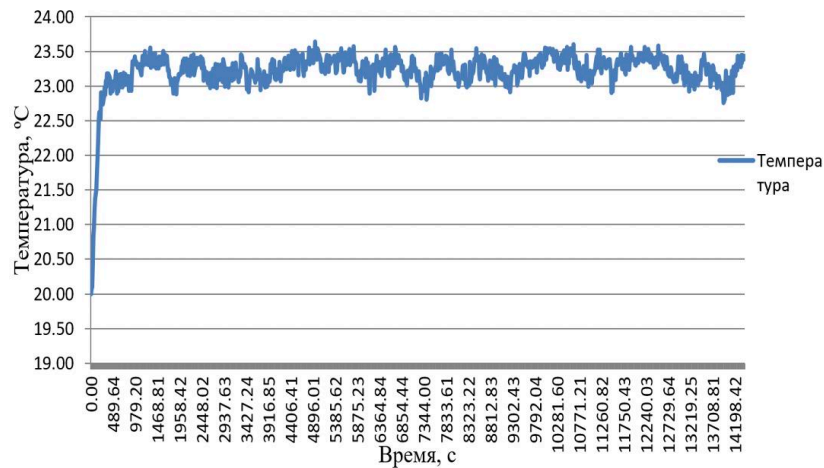
б)



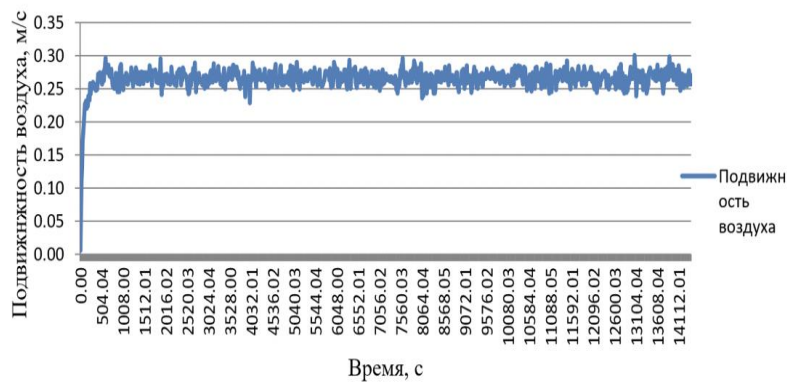
в)

Рисунок 4.9 — Результаты численного расчета тепломассопереноса в цехе сборки обуви: а) динамика изменения температуры; б) динамика изменения концентраций ацетона и этилацетата в воздухе рабочей зоны; в) подвижность воздуха, создаваемая системами общеобменной и местной вентиляции.

Для оценки устойчивости разработанной математической модели проведены расчеты средних по помещению температур и скоростей движения воздуха на протяжении 14400 секунд (или 4 часов), что составляет время работы одной полумены. На основании усредненных данных по пространственному и временному шагу получены графики изменения температуры воздуха и скорости движения воздуха в модели цеха сборки обуви (рисунок 4.10)



а)



б)

Рисунок 4.10 — График изменения а) температуры воздуха, б) скорости движения воздуха в помещении

Как видно из представленных графиков в течение первых 10–15 минут с момента начала рабочей смены (включения технологического оборудования и систем вентиляции) происходит увеличение температуры воздуха и его скорости. В дальнейшем значение температуры, изменяющейся за счет теплоты, поступающей от электродвигателей, станков и оборудования, претерпевает колебания из-за турбулентности потока газовой среды, но усредненное значение

устанавливается и составляет около 23°C (рисунок 4.10,а). Подвижность воздуха, создаваемая системой общеобменной и местной вентиляции, также как и температура, вследствие турбулентности изменяется неравномерно, но сохраняет свое среднее значение на уровне 0,25 м/с (рисунок 4.10,б).

По результатам проведенного расчета (рисунок 4.9) можно отметить формирование в цехе зон с повышенной температурой и концентрацией загрязняющих веществ. К таким зонам с повышенной температурой относятся операции «Термоактивация клеевой пленки» и «Оглаживание затянутых заготовок верха горячим воздухом», а к зонам повышенного выделения загрязняющих веществ операции «Намазка клеем подошв» и «Вклеивание задников». Именно для этих операций, наряду с рассмотрением цеха в целом, проведен более детальный анализ.

В исследуемом цехе проанализирована совокупность факторов производственной среды, оказывающая воздействие на тепловое состояние в ходе трудового процесса. Выделена группа физических факторов из санитарно-гигиенических условий труда, влияющая на тепловое состояние человека, к таковым отнесены микроклиматические показатели: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха в помещении, температура нагретых поверхностей.

Микроклиматические показатели на рабочих местах, влияют на степень комфортности. Наличие данных по замерам микроклиматических показателей способствует выявлению зон дискомфорта и разработке мероприятий по снижению неблагоприятного теплового влияния, а также получения исходных данных для описания процесса теплообмена человека с окружающей производственной средой.

На этапе проектирования или реконструкции проведение натурных замеров невозможно, поэтому приходится проводить аналитические расчеты или использовать методы математического моделирования. Особую сложность в прогнозировании теплового комфорта составляет разновидность технологического

производства, который в свою очередь может характеризоваться различными производственными операциями и оборудованием.

Для цеха сборки обуви нами проведены расчеты изменения параметров микроклимата для первого часа (3600 с) с момента начала рабочей смены.

Расчеты проводились как для цеха в целом, так и для 21 (двадцати одной) расчетной точки, по 7 (семь) расчетных точек для каждого из трех сборочных конвейеров, расположенных в цехе.

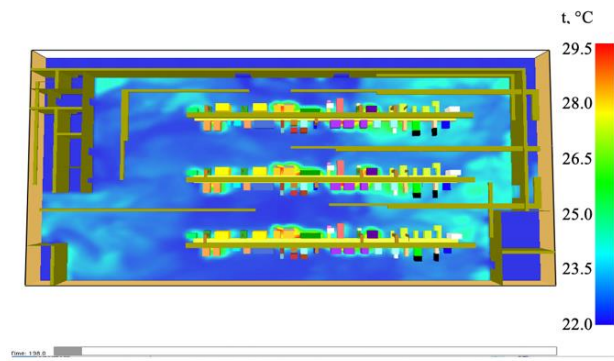
Расчетные параметры определялись на различных высотах от уровня пола, в соответствии с требованиями СанПиН [10], который определяет, что при работах, выполняемых сидя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,0 м, а относительную влажность воздуха - на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки. При работах, выполняемых стоя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,5 м, а относительную влажность воздуха - на высоте 1,5 м. Результаты измерений оцениваются по наибольшим отклонениям от величин, указанных СанПиН [10].

Температура воздуха на рабочих местах и в помещении цеха в целом

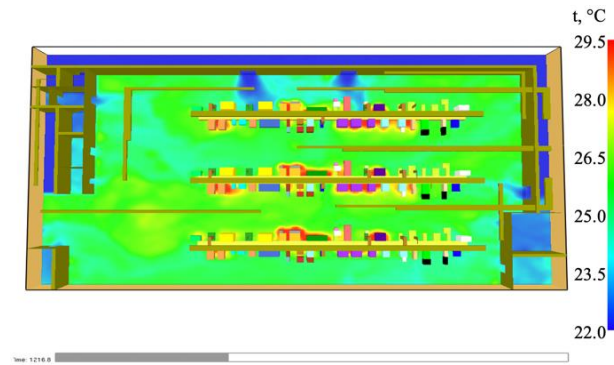
Проведенные расчеты позволили исследовать динамику изменения поля температуры в цехе сборки обуви на различных высотах от пола цеха. На рисунке 4.11. представлены поля температур в цехе сборки обуви на высоте 0,1 м от уровня пола для промежутков времени 200, 1200, 2400 и 3600 секунд с момента начала работы.

На рисунке 4.12 представлены поля температур в цехе сборки обуви на высоте 1,0 м от уровня пола для промежутков времени 200, 1200, 2400 и 3600 секунд с момента начала работы.

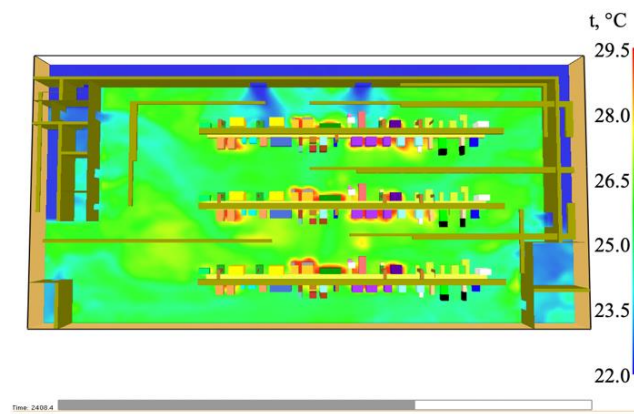
На рисунке 4.13 представлены поля температур в цехе сборки обуви на высоте 1,5 м от уровня пола для периодов времени 200, 1200, 2400 и 3600 секунд с момента начала работы.



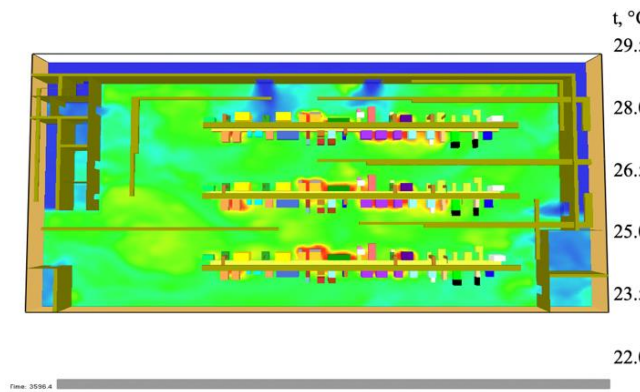
а)



б)

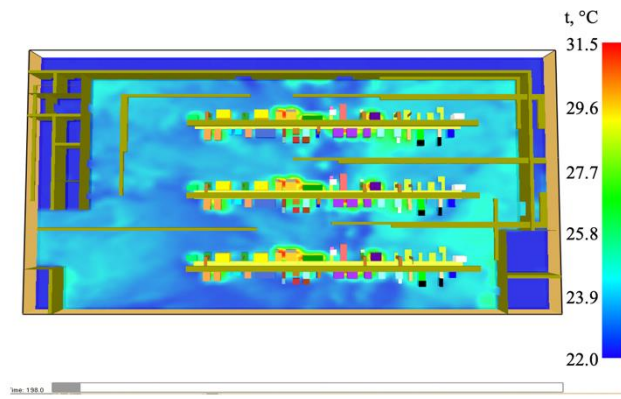


в)

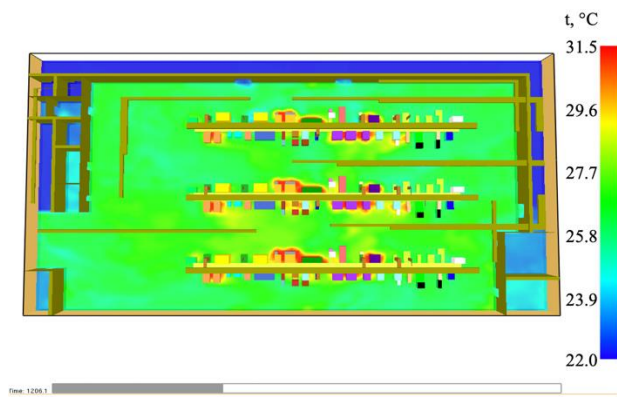


г)

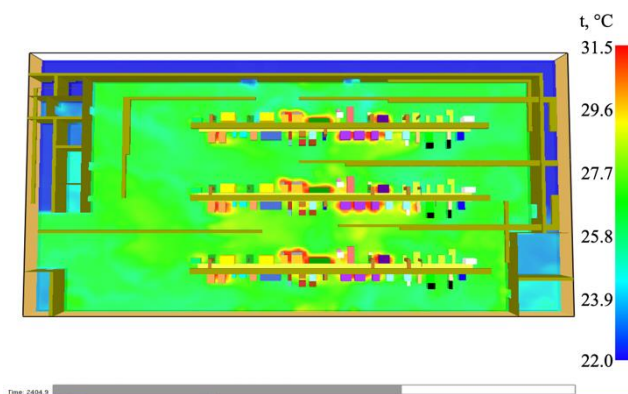
Рисунок 4.11 — Поля температур в цехе сборки обуви на высоте 0,1 м от уровня пола:
 а) $\tau = 200$ с, б) $\tau = 1200$ с, в) $\tau = 2400$ с, г) $\tau = 3600$ с



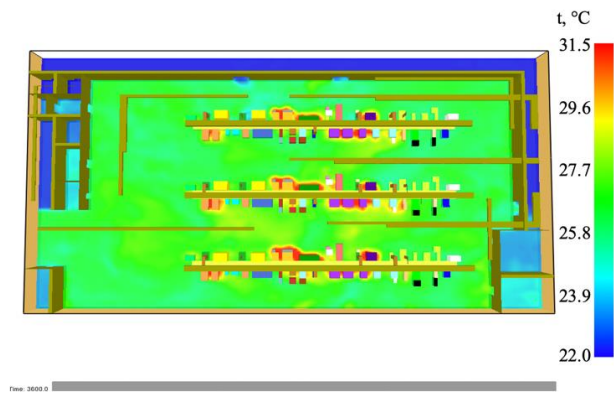
а)



б)



в)



г)

Рисунок 4.12 — Поля температур в цехе сборки обуви на высоте 1,0 м от уровня пола
 а) $\tau = 200$ с; б) $\tau = 1200$ с; в) $\tau = 2400$ с; г) $\tau = 3600$ с

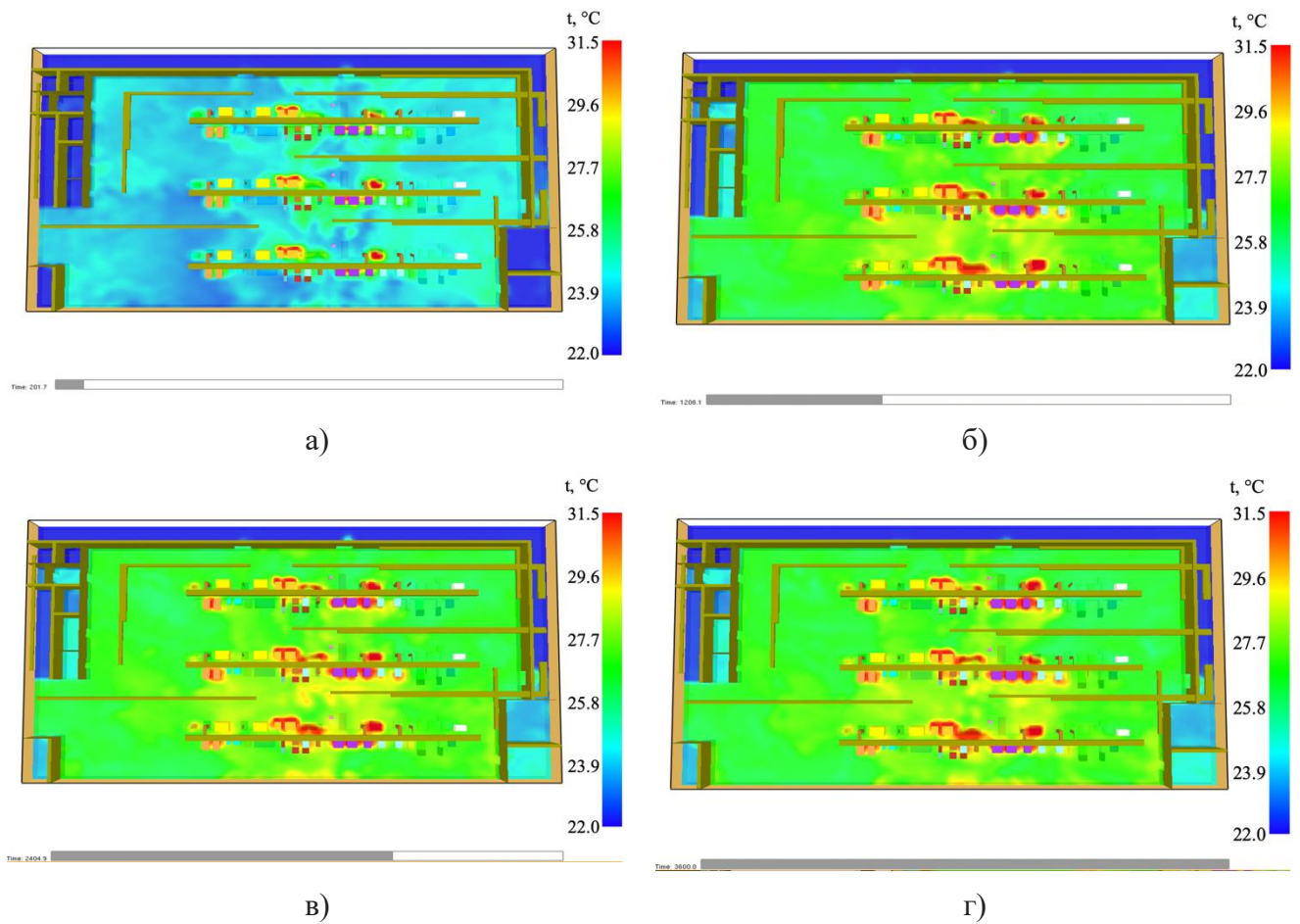


Рисунок 4.13 — Поля температур в цехе сборки обуви на высоте 1,5 м от уровня пола
 а) $\tau = 200$ с; б) $\tau = 1200$ с; в) $\tau = 2400$ с; г) $\tau = 3600$ с.

На основе проведенных расчетов исследована динамика изменения температуры на рабочих местах в цехе сборки обуви на различных высотах от пола цеха. Нами проведены расчеты для 21 рабочего места, по 7 рабочих мест на каждом из трех конвейеров сборки обуви, расположенных в цехе.

На рисунке 4.14 представлено изменение температур на рабочем месте на 1-м конвейере в цехе сборки обуви на высоте 0,1 м, 1,0 м и 1,5 м от уровня пола.

На рисунках 4.15 и 4.16 представлено изменение температур на рабочем месте на 2-м и 3-м конвейерах, соответственно, в цехе сборки обуви на высоте 0,1 м, 1,0 м и 1,5 м от уровня пола.

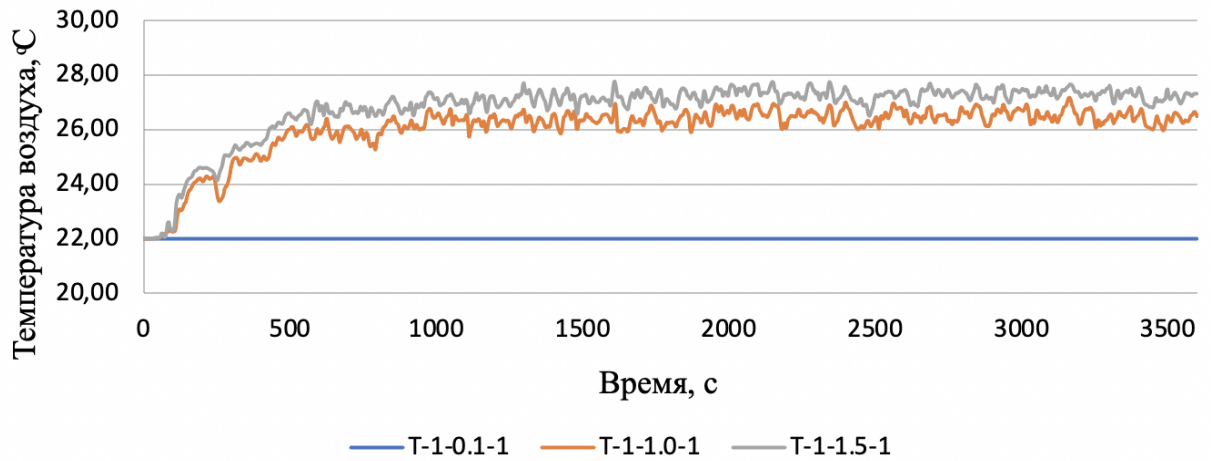


Рисунок 4.14 — Изменение температуры воздуха на рабочем месте на 1-м конвейере в цехе сборки обуви на высоте 0,1 м, 1,0 м и 1,5 м от уровня пола, соответственно

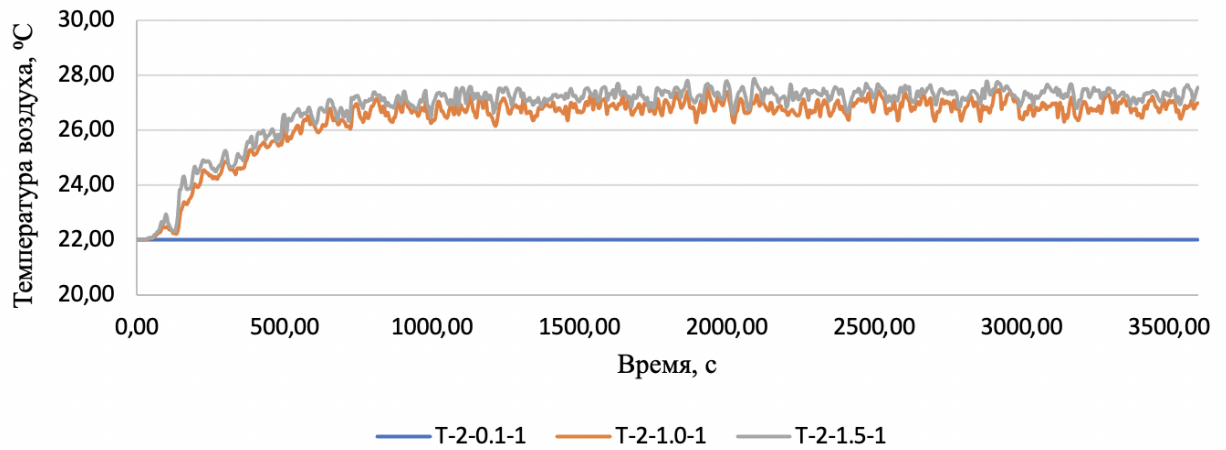


Рисунок 4.15 — Изменение температуры воздуха на рабочем месте на 2-м конвейере в цехе сборки обуви на высоте 0,1 м, 1,0 м и 1,5 м от уровня пола, соответственно

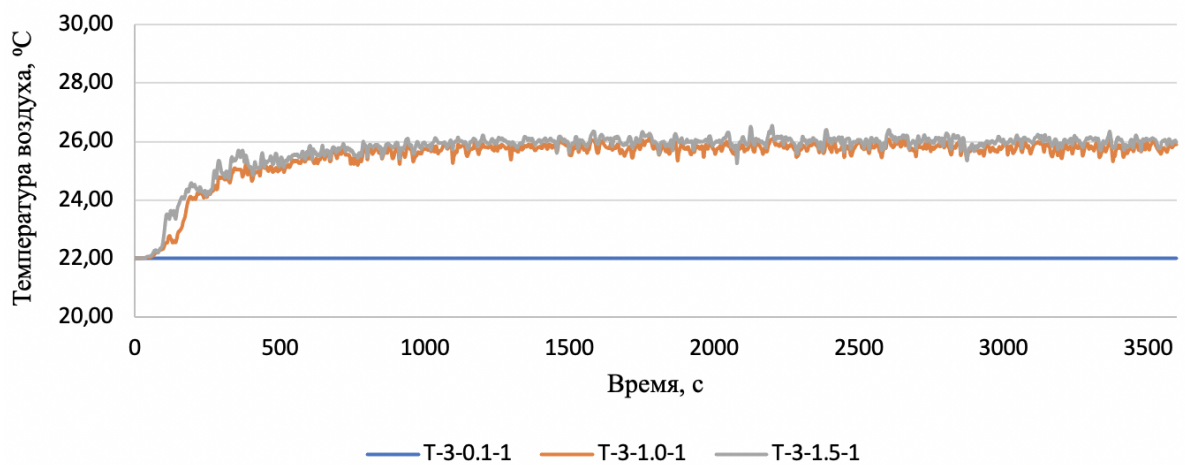


Рисунок 4.16 — Изменение температуры воздуха на рабочем месте на 3-м конвейере в цехе сборки обуви на высоте 0,1 м, 1,0 м и 1,5 м от уровня пола, соответственно

Технология склеивания в обувном производстве предусматривает тщательное высушивание клеевых пленок с возможно полным удалением растворителя. Перед приклеиванием низа обуви на прессах производится термоактивация клеевых пленок на обеих склеиваемых поверхностях (затяжной кромке и подошве). При этом клеевые пленки переходят из высокоэластического в вязкотекучее состояние. При последующем наложении и прессовании подошв происходит взаимодиффузия макромолекул клея в зоне контакта клеевых пленок в вязкотекучем состоянии, что приводит к образованию прочных клеевых швов (при последующем охлаждении).

Для термоактивации клеевых пленок используются два метода: традиционный со временем термоактивации 20–30 с, при 85–110°C или интенсифицированный («тепловым ударом»), со временем термоактивации 3–6 сек., при температуре 200–250°C. В диссертации для построения модели использован второй метод, который применяется на производстве при изготовлении летних малодетских туфель.

Термоактиватор устанавливают на полу без фундамента рядом с прессом для приклеивания подошв (технические характеристики термоактиватора таблица 4.5). Термоактиватор состоит из термошкафа и блока управления, закрепленных на стойке. Термошкаф имеет три секции с инфракрасными лампами накаливания. Верхняя секция предназначена для активации следа затянутой обуви, а две нижние с выдвижными каретками и для активации подошв. В верхней секции установлено четыре лампы. Каждая из нижних секций имеет три лампы. Для увеличения площади контакта активируемых поверхностей с тепловым полем излучателей опорные поверхности верхней секции и обеих кареток нижних секций выполнены в виде решеток. Каретки поддерживаются рычажной системой. В крайнем выдвинутом положении кареток рычажная система обеспечивает их незначительный наклон, что облегчает загрузку и выгрузку термоактиватора.

Режимы активации устанавливаются в зависимости от материала подошв и рецептурного состава клея. Температура активации регулируется плавным изменением напряжения, подаваемого на лампы отдельно верхней и нижней секций. Время активации и задержка во времени активации левой и правой подошв настраивает реле времени.

Таблица 4.5 — Технические характеристики термоактиватора ТА-0.

Производительность, пар деталей в час	112
Размеры обрабатываемой обуви	105—300
Время активации, с	2—30
Температура активации, °С	40—300
Габарит (с выдвинутой кареткой), мм	520×660×(1430 . . . 1465)
Масса, кг	73

Рабочее место на операции активации клеевой плёнки на подошве и затяжной кромке, представлено следующим оборудованием (рисунок 4.17)

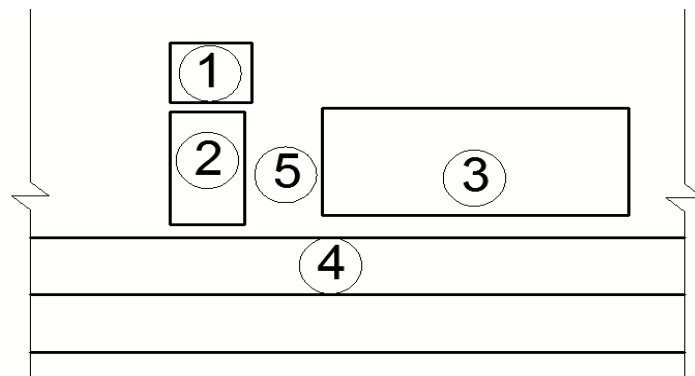


Рисунок 4.17 — Схема расположения оборудования на рабочем участке активации клеевой пленки: 1 – термоактиватор клеевой пленки на подошве и следе обуви; 2 – пресс мембранного типа для приклеивания подошвы; 3 – холодильная установка; 4 – конвейер; 5 – оператор.

Из вышеизложенного теоретического материала следует, что на участке термоактивации клеевой пленки рабочему сборщику обуви приходится контактировать с нагревающей тепловой средой. Это подтверждено как результатами натурных замеров, так и расчетом параметров микроклимата на конкретном рабочем месте при моделировании цеха в целом. Технологическая операция характеризуется тепловым воздействием, направленным на человека, особенно на верхнюю часть туловища и голову. При выполнении операций активации клеевой пленки на постоянных рабочих местах происходит конвективно-лучистое тепловое воздействие, циклически изменяющееся во времени.

Для более детального исследования разработана модель операции термоактивации клеевой пленки, представленная на рисунке 4.18.

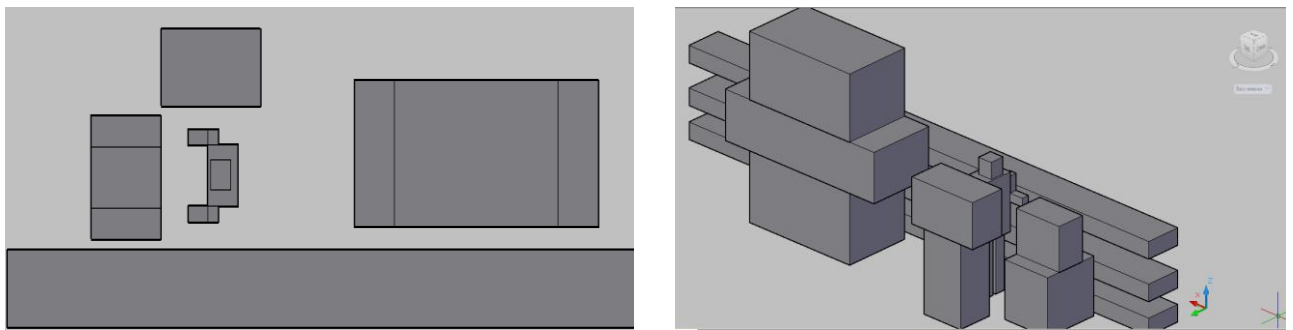


Рисунок 4.18 — Участок термоактивации клеевой пленки в среде FDS

В ходе операции активации клеевой пленки изменяется температура ламп накаливания в зависимости от стадии технологической операции. Выполняются процессы включения, нагрева (тепловой удар) в течение 5 секунд температурой 220°C и отключения ламп накаливания в термоактиваторе, интервал между тепловыми ударами 10 секунд. Смоделирован процесс тепловыделений на рабочем месте активации клеевой пленки рисунок 4.19, в качестве прототипа использовалась модель термоактиватора ELETTROTECHICA 133OP(OPANCA).

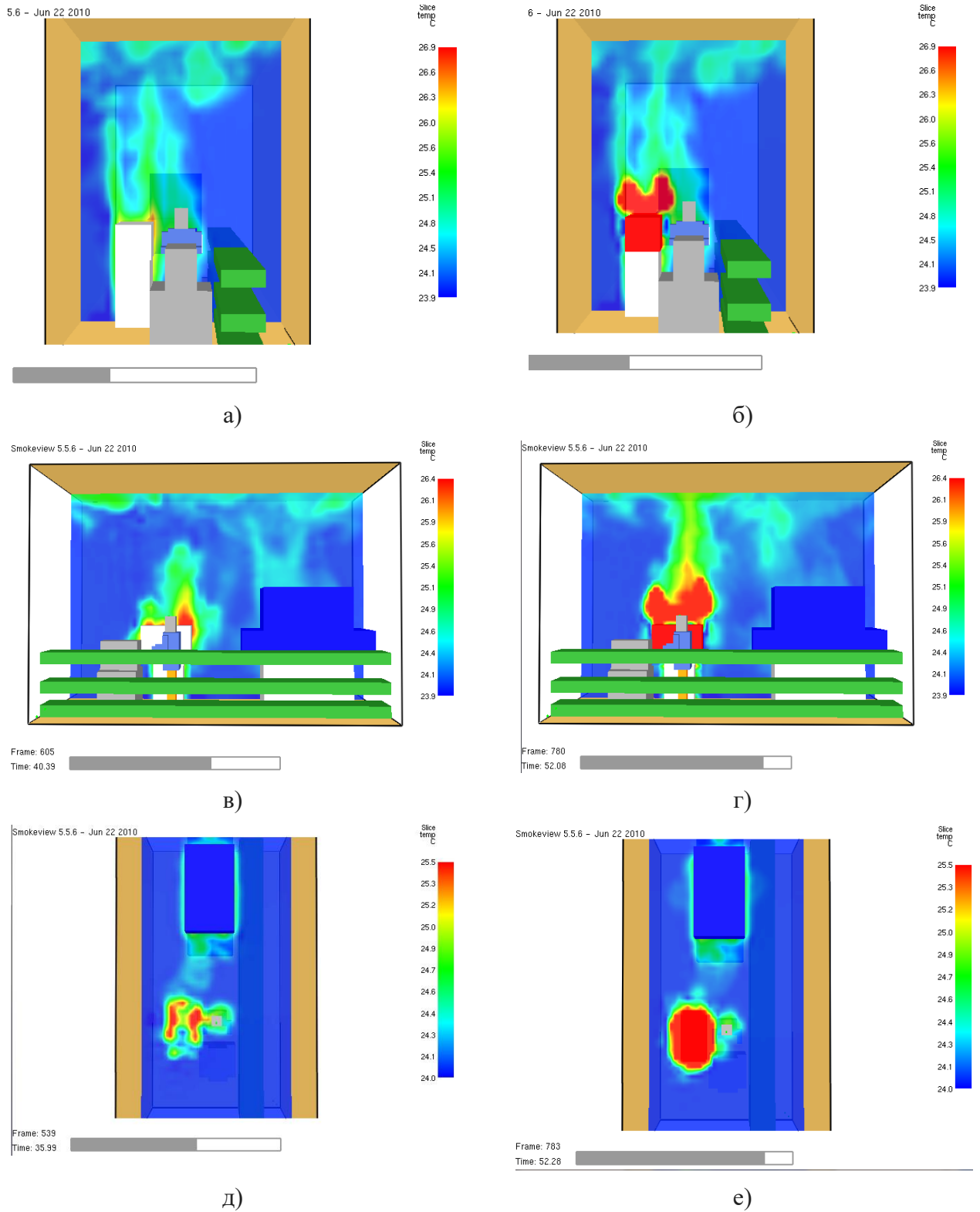


Рисунок 4.19 — Поле температуры:

а) – включение активации, б) – отключение по оси X; в) – включение активации; г) – отключение по оси Y; д) – включение активации; е) – отключение по оси Z.

В результате проведенных расчетов определена динамика изменения температуры на рабочем месте термоактивации клеевой пленки на отметках 0,5 м; 1 м; 1,5 м; 1,7 м по высоте от уровня пола (рисунок 4.20) для режимов работы термоактиватора: включение термоактиватора производится на 10-й секунде, отключение — на 15-й секунде, включение — на 25-й секунде, отключение — на 30-й секунде, включение — на 40-й секунде отключение — на 45-й секунде и т.д.

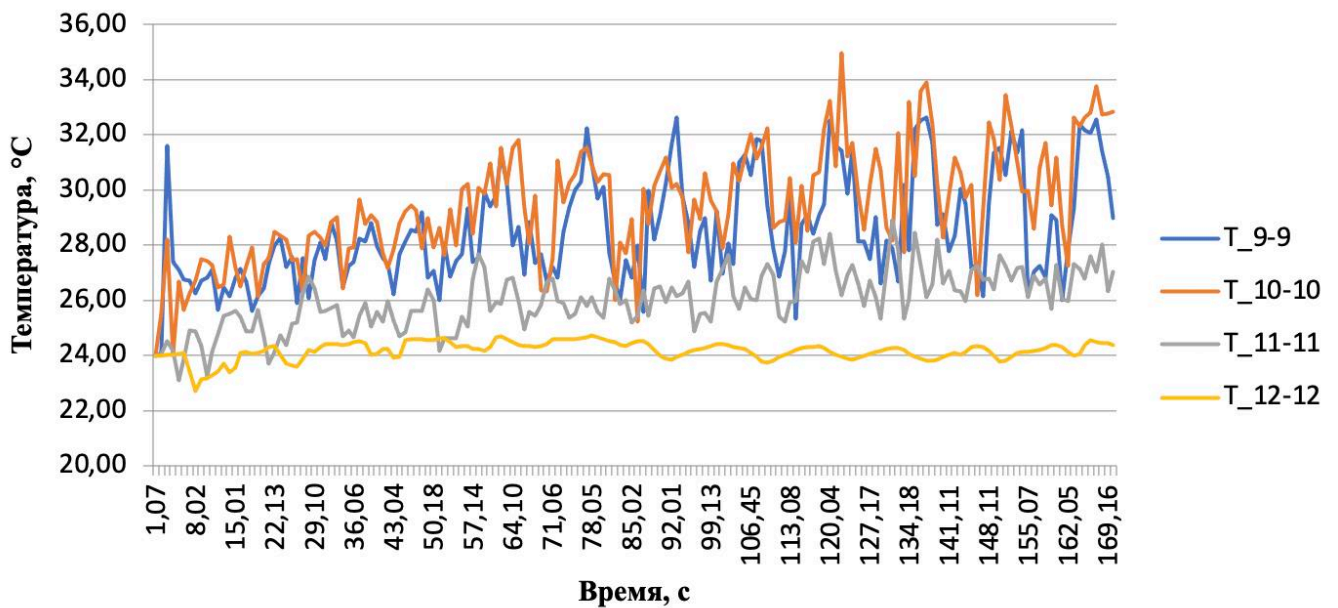


Рисунок 4.20 — График изменения температуры на рабочем месте операции активации клеевой пленки

В модели рабочего места операции термоактивации клеевой пленки заданы двенадцать точек (таблица 4.6), в которых проводился расчет температуры с течением времени.

Таблица 4.6 — Координаты точек замеров в модели

№ п/п	Точки измерений	Координаты точек измерений, м
1	'T_1'	1.9, 1.5, 1.75
2	'T_2'	1.9, 1.5, 1.5
3	'T_3'	1.9, 1.5, 1.0
4	'T_4'	1.9, 1.5, 0.2
5	'T_5'	2.4, 1.5, 1.75
6	'T_6'	2.4, 1.5, 1.5
7	'T_7'	2.4, 1.5, 1.0
8	'T_8'	2.4, 1.5, 0.2
9	'T_9-9'	2.2, 1.7, 1.7
10	'T_10'	2.2, 1.7, 1.5
11	'T_11'	2.2, 1.7, 1.0
12	'T_12'	2.2, 1.7, 0.2

Координаты точек измерения на рабочем месте изображены на рисунке 4.21.

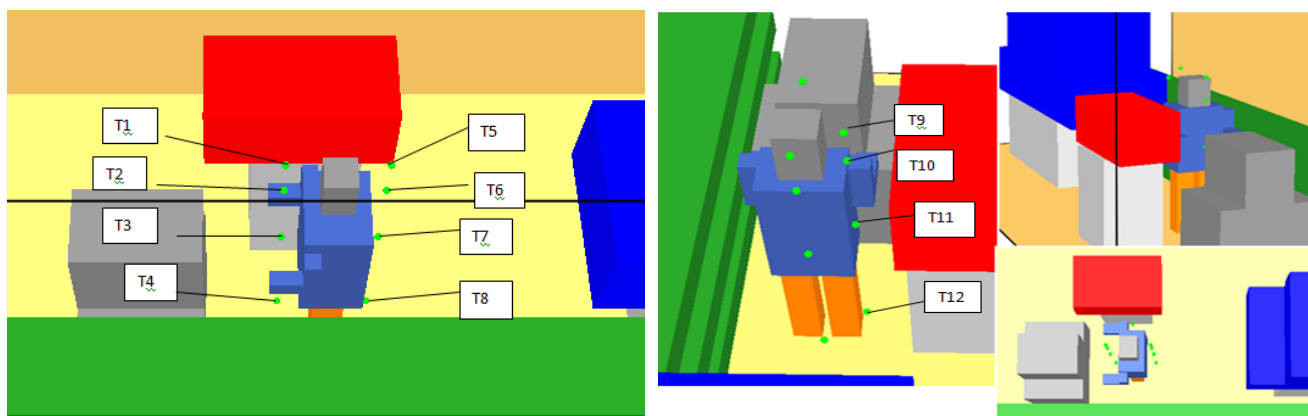


Рисунок 4.21 — Точки измерения температуры на рабочем месте операции активации клеевой пленки

В результате численного моделирования получены данные динамики изменения температуры в расчетных точках, а также статистические показатели: среднее значение температуры — 25,1°C, минимальное значение — 22,7°C, максимальное значение — 34,9°C.

Анализ результатов расчетов показывает, что на рабочем месте операции «Термоактивации клеевой пленки» возможно кратковременное превышение температуры, хотя при этом среднее значение остается в пределах допустимых норм.

В качестве инженерно-технических мероприятий для улучшения условий труда предложено установить вытяжку, чтобы обеспечить удаление нагретого воздуха из рабочей зоны оператора (рисунок 4.22).

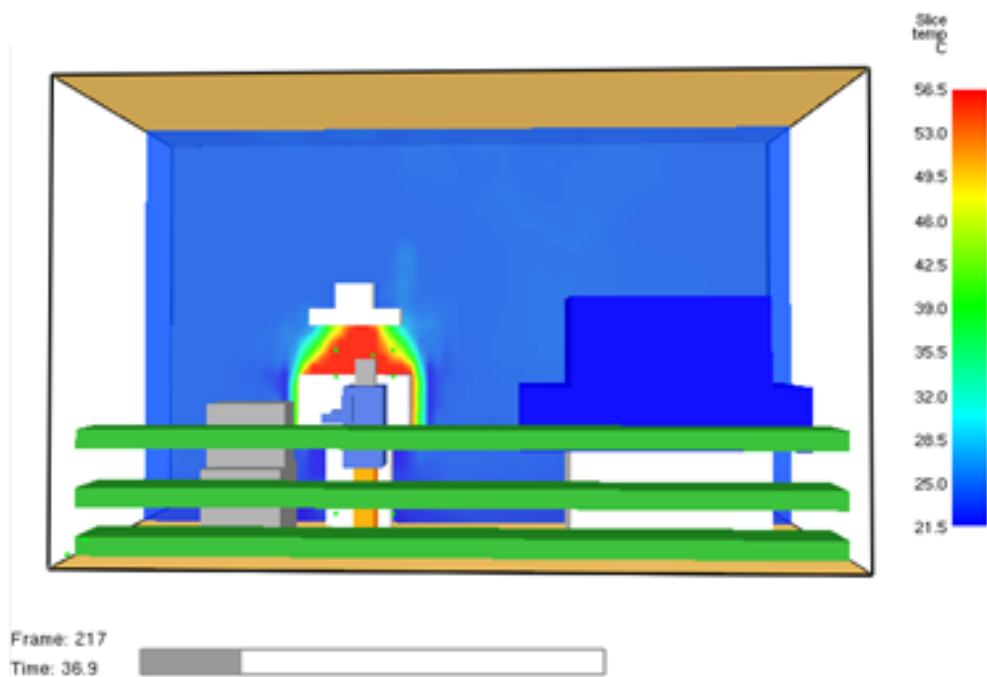
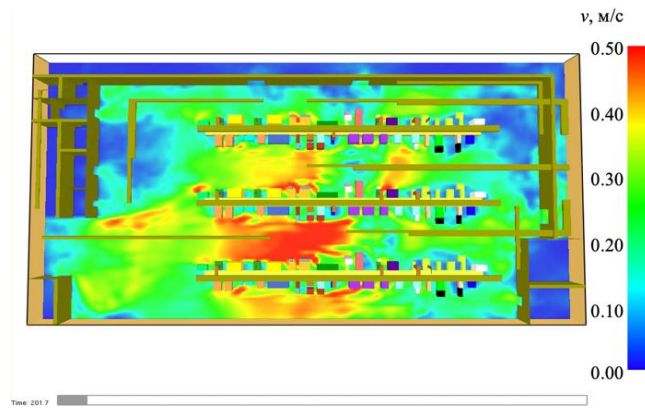


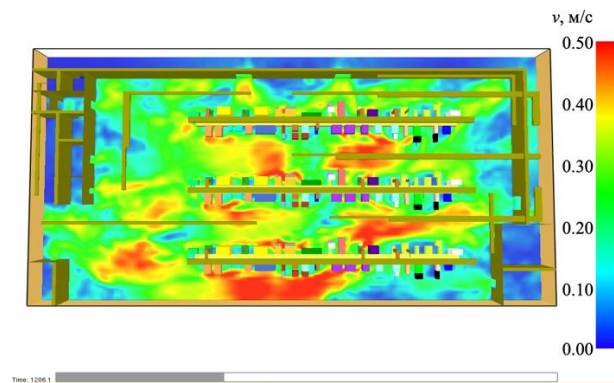
Рисунок 4.22 — Модель рабочего места операции «Термоактивации клеевой пленки» с установленной вытяжкой

Подвижность воздуха на рабочих местах и в помещении цеха в целом

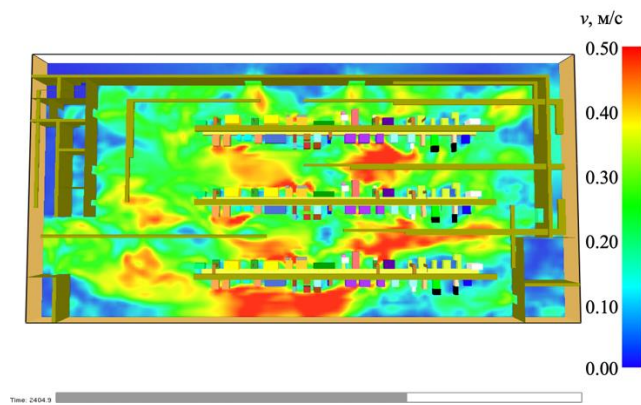
По результатам проведенных расчетов исследована динамика изменения поля скорости в цехе сборки обуви на различных высотах от пола цеха. На рисунке 4.23 представлены поля скоростей воздуха в цехе сборки обуви на высоте 0,1 м от уровня пола для периодов времени 200, 1200, 2400 и 3600 секунд с момента начала работы.



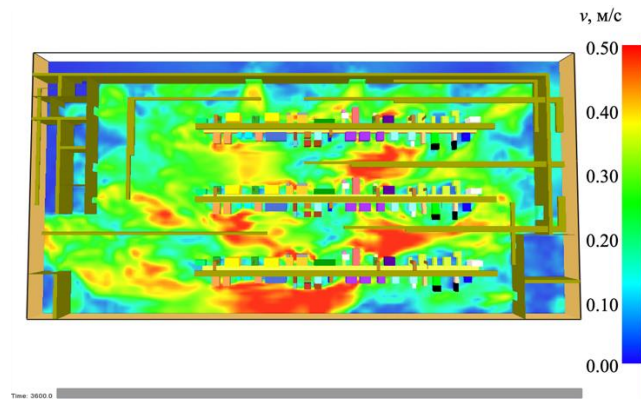
а)



б)



в)



г)

Рисунок 4.23 — Поле скорости в цехе сборки обуви на высоте 0,1 м от уровня пола
а) $\tau = 200$ с; б) $\tau = 1200$ с; в) $\tau = 2400$ с; г) $\tau = 3600$ с.

На рисунке 4.24 представлены поля скоростей воздуха в цехе сборки обуви на высоте 1,0 м от уровня пола для периодов времени 200, 1200, 2400 и 3600 секунд с момента начала работы.

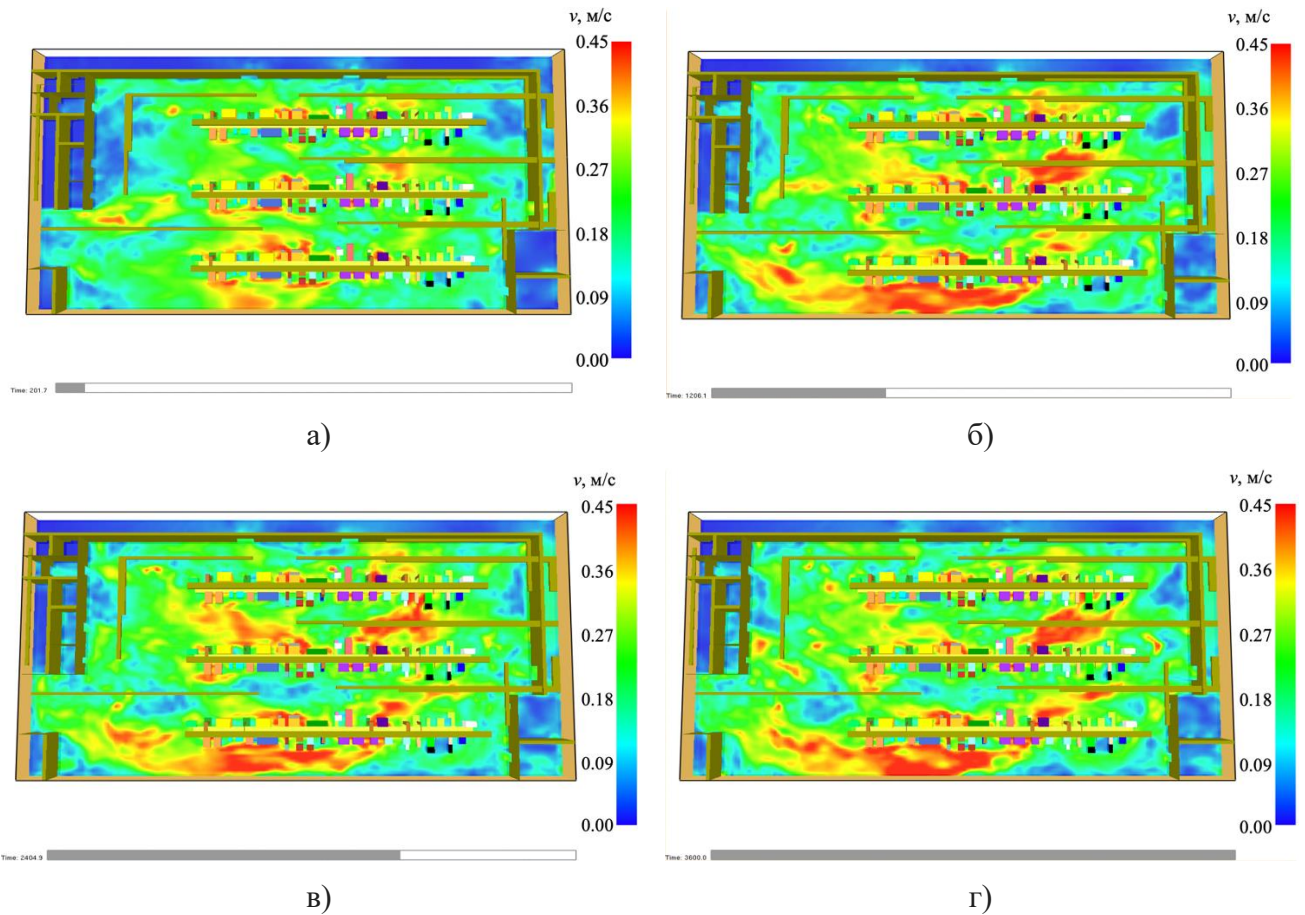


Рисунок 4.24 — Поле скорости в цехе сборки обуви на высоте 1,0 м от уровня пола
а) $\tau = 200$ с; б) $\tau = 1200$ с; в) $\tau = 2400$ с; г) $\tau = 3600$ с.

На рисунке 4.25 представлены поля скоростей воздуха в цехе сборки обуви на высоте 1,5 м от уровня пола для периодов времени 200, 1200, 2400 и 3600 секунд с момента начала работы.

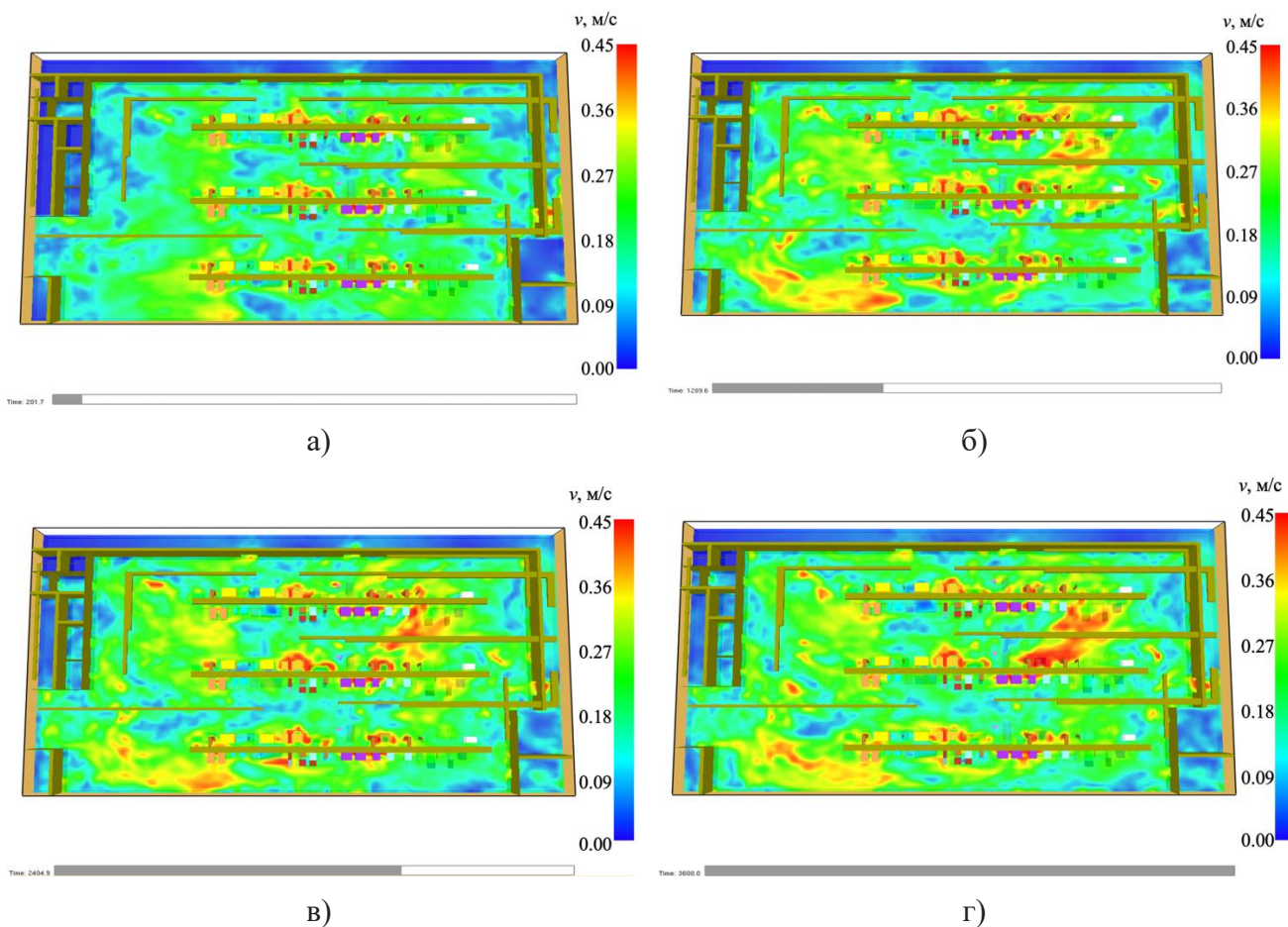


Рисунок 4.25 — Поле скорости в цехе сборки обуви на высоте 1,5 м от уровня пола
 а) $\tau = 200$ с; б) $\tau = 1200$ с; в) $\tau = 2400$ с; г) $\tau = 3600$ с.

По результатам проведенных расчетов исследована динамика изменения скорости (подвижности) воздуха на рабочих местах в цехе сборки обуви на различных высотах от пола цеха. Расчеты проведены для 21 рабочего места, по 7 рабочих мест на каждом из трех конвейеров сборки обуви, расположенных в цехе.

На рисунке 4.26 представлено изменение скорости воздуха на рабочем месте на 1-м конвейере в цехе сборки обуви на высоте 0,1 м, 1,0 м и 1,5 м от уровня пола.

На рисунках 4.27 и 4.28 представлено изменение скорости воздуха на рабочем месте на 2-м и 3-м конвейерах, соответственно, в цехе сборки обуви на высоте 0,1 м, 1,0 м и 1,5 м от уровня пола.

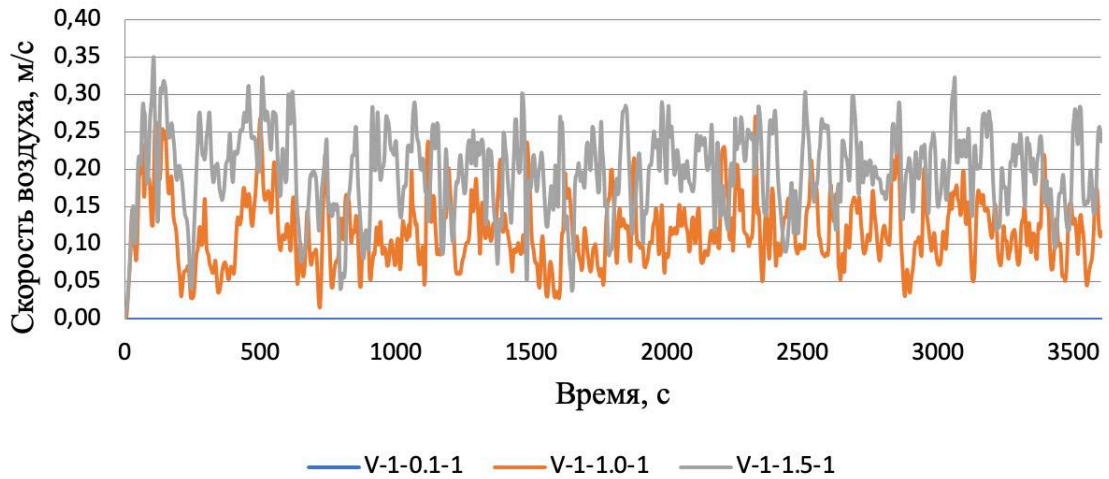


Рисунок 4.26 — Изменение скорости воздуха на рабочем месте на 1-м конвейере в цехе сборки обуви на высоте 0,1 м, 1,0 м и 1,5 м от уровня пола, соответственно

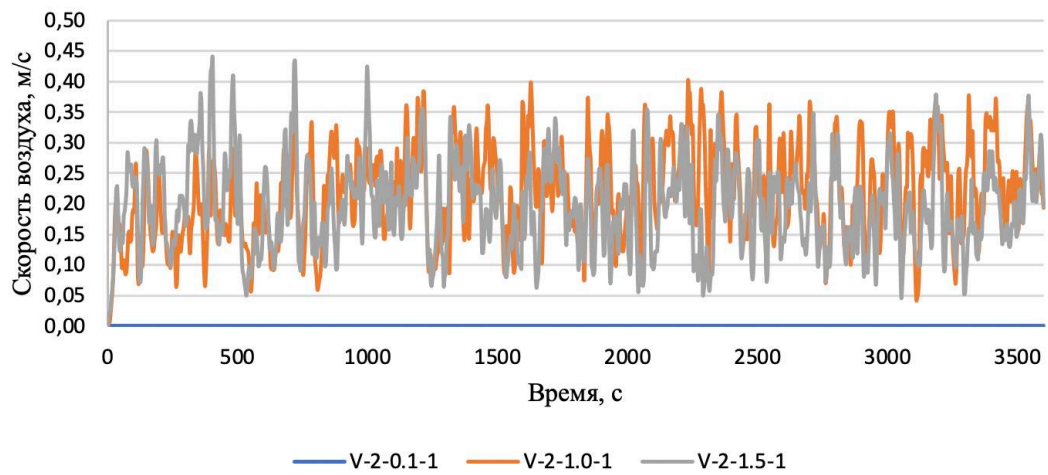


Рисунок 4.27 — Изменение скорости воздуха на рабочем месте на 2-м конвейере в цехе сборки обуви на высоте 0,1 м, 1,0 м и 1,5 м от уровня пола, соответственно

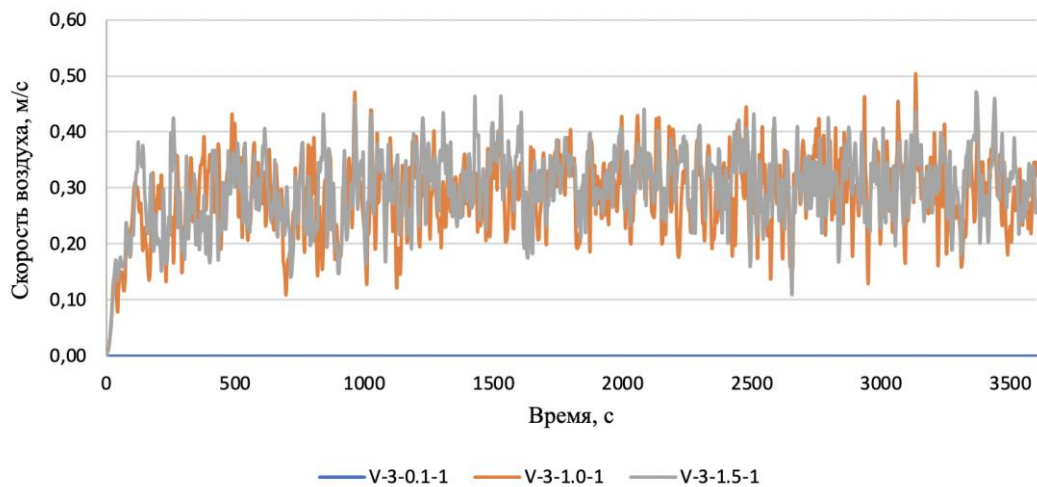


Рисунок 4.28 — Изменение скорости воздуха на рабочем месте на 3-м конвейере в цехе сборки обуви на высоте 0,1 м, 1,0 м и 1,5 м от уровня пола, соответственно

Более детально проведено моделирование процесса оглаживания затянутых заготовок верха обуви горячим воздухом. Выполнение технологической операции сопровождается тепловыделением от горячей струи воздуха машины 04354/P1 (рисунок 4.29), технические характеристики машины представлены в таблице 4.7.

Машина используется в обувной промышленности для оглаживания кожаных или синтетических заготовок верха и подкладок затянутой обуви горячим воздухом. Температура воздуха зависит от применяемых материалов.

Для обуви из кожи с натуральной лицевой поверхностью, окрашенной красителями, не меняющими оттенка при нагревании и затяжке обуви на термостойкие клей расплавы, применяется режим интенсивной обработки при температуре 100–120 °С. Для обуви из кож с искусственной облагороженной лицевой поверхностью с термопластичными задниками, подносками и при затяжке с предварительным нанесением термопластичного клея применяется менее интенсивный режим обработки (до 100 °С).

Таблица 4.7 — Техническая характеристика машины 04354/P1

Производительность	до 130 пар/час
Регулируемая температура обогреваемого сухого воздуха	170–320 °С
Установленная мощность	1,1 кВт
Габариты машины: ширина × глубина × высота	500×500×1430 мм
Масса машины	120 кг

Скорость движения воздуха, не ниже 5 м/с. Продолжительность обработки увеличивается с понижением температуры воздуха с 2,5 до 7 мин.

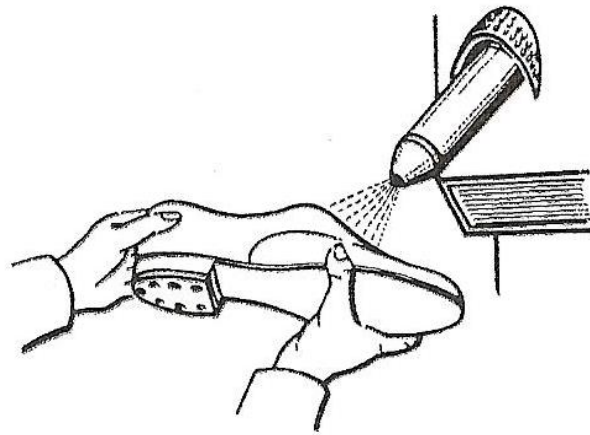


Рисунок 4.29 — Схема работы на Машине 04354/P1

Построена модель рабочего участка оглаживания затянутых заготовок верха горячим воздухом в программе FDS (рисунок 4.30).

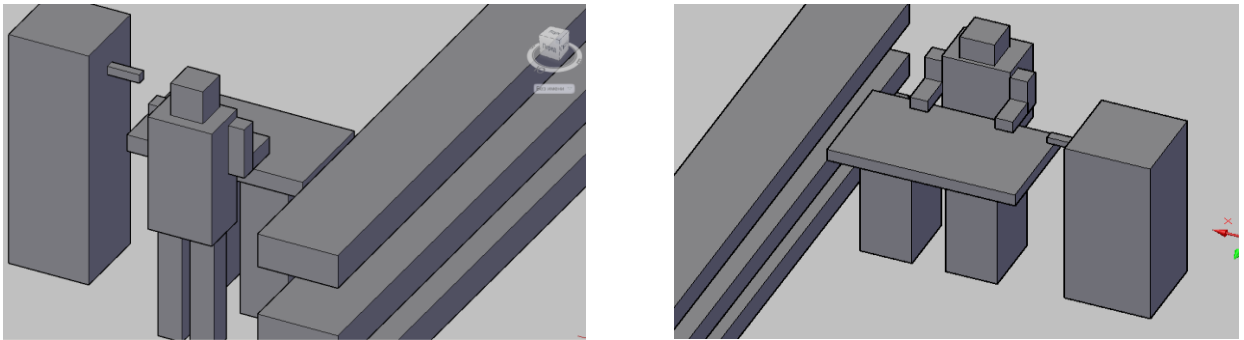


Рисунок 4.30 — Машина для оглаживания затянутых заготовок верха горячим воздухом 04354/P1

Проведено математическое моделирование процессов включения, подачи струи горячего воздуха и отключение с различными временными интервалами. В исследуемую область поступал поток горячего воздуха с температурой 200°C и скоростью 5 м/с. Машина для оглаживания затянутых заготовок верха горячим воздухом включается и отключается каждые 60 секунд. Результаты моделирования динамики изменения температуры и скорости движения воздуха на рабочем месте представлены на рисунке 4.31.

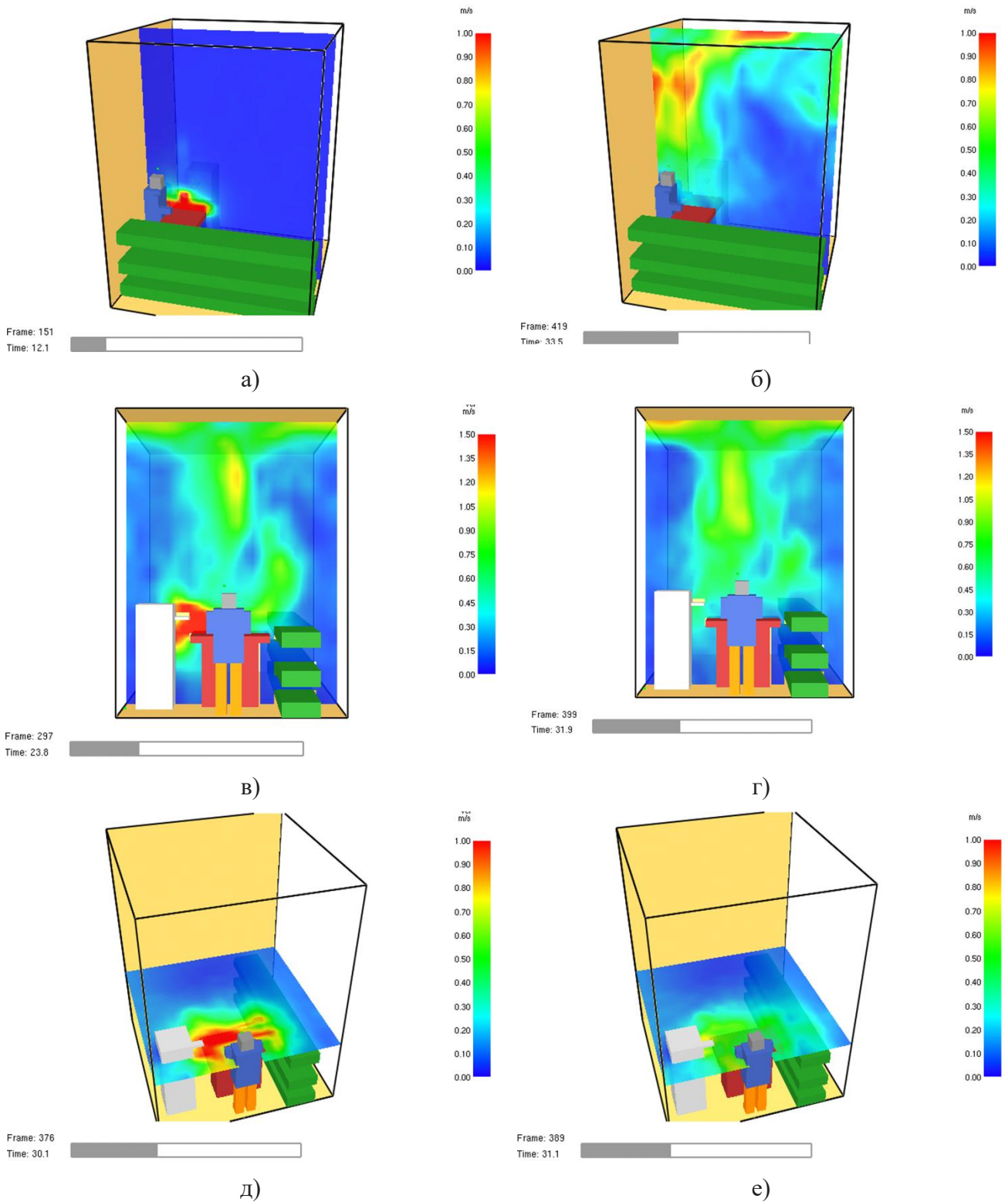


Рисунок 4.31 — Моделирование скорости движения воздуха на рабочем месте операции оглаживания затянутых заготовок верха горячим воздухом:

а) — включение; б) — отключение по оси X; в) — включение, г) — отключение по оси Y; д) — включение; е) — отключение по оси Z.

Проведенное моделирование позволило определить зоны повышенных температур и скоростей воздуха, воздействующих на оператора при выполнении операции «Оглаживания затянутых заготовок верха горячим воздухом» и предложить мероприятия по улучшению условий труда.

В качестве мероприятий по улучшению условий труда было предложено использовать воздушное душирование и проведены расчеты различных вариантов размещения устройств подачи воздуха. На рисунке 4.32а показано размещение приточного устройства со стороны конвейера, а на рисунке 4.32б – с противоположной стороны.

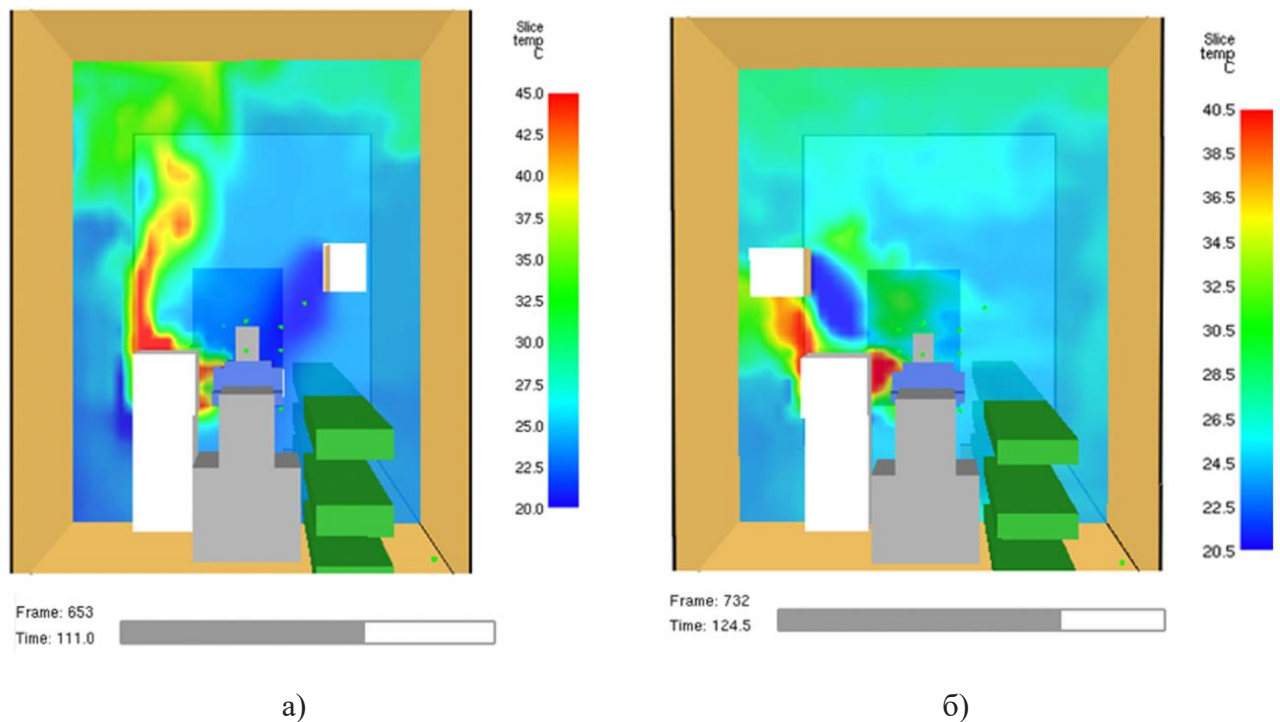


Рисунок 4.32 — Модель рабочего места операции «Оглаживания затянутых заготовок верха горячим воздухом» с установленной системой воздушного душирования: а) приток со стороны конвейера; б) приток со стороны противоположной конвейеру

Результаты расчетов представлены на рисунках 4.33 и 4.34.

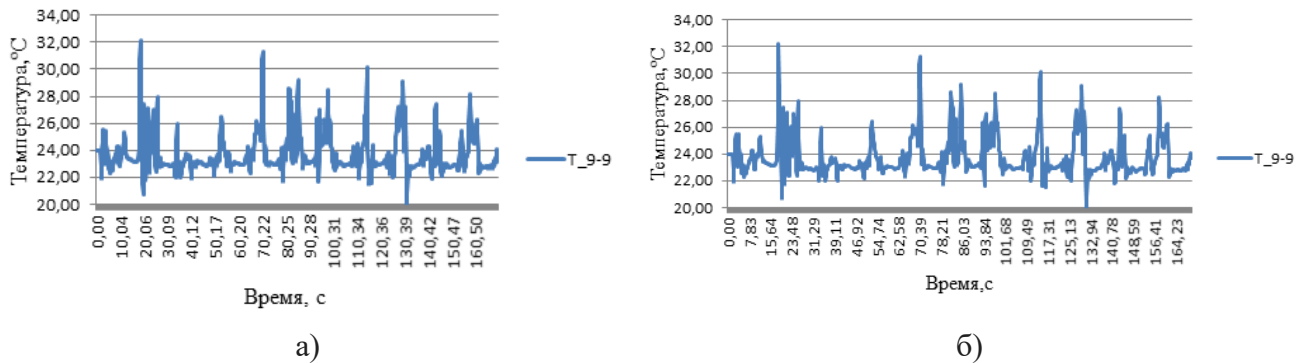


Рисунок 4.33 — График температуры воздуха на рабочем месте операции «Оглаживания зятянутых заготовок верха горячим воздухом» с установленной системой воздушного душирования: а) приток со стороны конвейера; б) приток со стороны противоположной конвейеру.

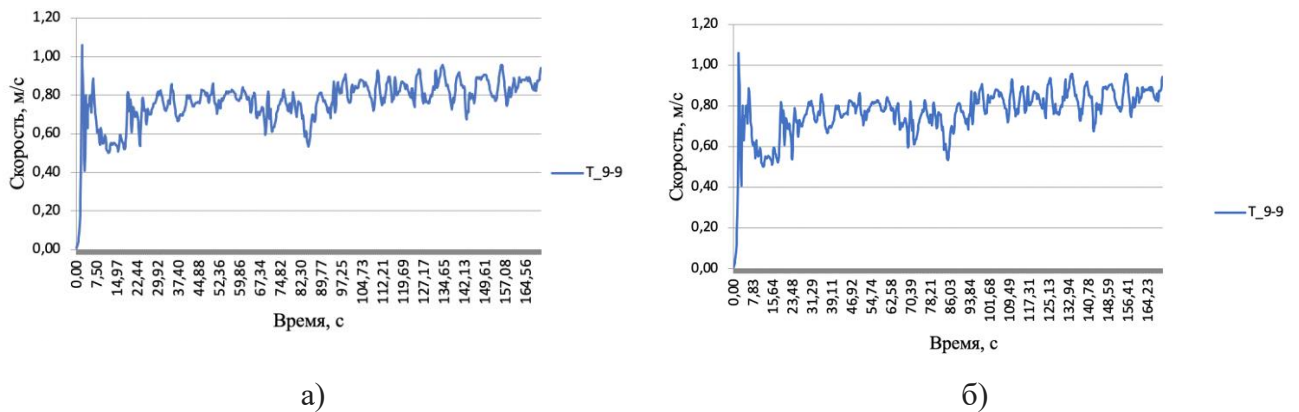


Рисунок 4.34 — Графики подвижности воздуха на рабочем месте операции «Оглаживания зятянутых заготовок верха горячим воздухом» с установленной системой воздушного душирования: а) приток со стороны конвейера; б) приток со стороны противоположной конвейеру.

Анализ показал, что в результате выполнения разработанных мероприятий на операции «Оглаживания зятянутых заготовок верха горячим воздухом» обеспечиваются лучшие условия труда, что создает предпосылки повышения его производительности.

Газообразные загрязняющие вещества

По результатам проведенных численных расчетов тепломассопереноса в цехе сборки обуви установлено, что повышенное содержание ацетона в воздухе рабочей зоны наблюдается при выполнении операции «Намазка клеем подошв», а этилацетата – «Вклеивание задников».

Для более детального анализа зон с повышенными концентрациями ацетона и этилацетат и в целом состояния воздушной среды в производственном цехе сборки обуви отдельно разработаны расчетные модели тепломассопереноса на рабочих местах при выполнении операций «Намазка клеем подошв» и «Вклеивание задников».

Операция «Намазка клеем подошв» технологического процесса сборки обуви сопровождается повышенным содержанием ацетона в воздухе рабочей зоны в результате применения полиуретанового клея. Операция выполняется для последующего скрепления деталей низа с затянутой заготовкой верха обуви.

Для оценки состояния воздушной среды при выполнении операции «Намазка клеем подошв» при изготовлении летних дошкольных туфель [257] разработана математическая модель численного расчета распространения ацетона в воздухе рабочей зоны, которая реализована в среде FDS. В процессе моделирования решены следующие задачи:

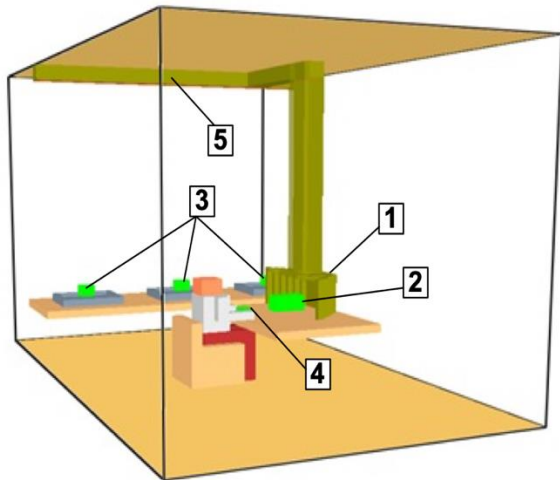
1) Построена 3-мерная пространственная модель рабочего места в соответствии с рабочим проектом обувной фабрики АО «Егорьевск-обувь» (рисунок 4.35а).

2) Для исследуемого газообразного вещества заданы его физико-химические свойства: молекулярная масса, вязкость и удельная теплопроводность.

3) Рассчитано количество выделяющегося ацетона в соответствии с химическим составом и нормами расхода полиуретанового клея при производстве летних дошкольных туфель на фабрике АО «Егорьевск-обувь».

4) Подобрана оптимальная величина вычислительной сетки, в результате чего снижена вероятность ошибки дискретизации в определяющих уравнениях.

5) Произведен численный расчет распространения ацетона в воздухе рабочей зоны и определены концентрации данного вещества в расчетных точках с учетом работы систем местной и общеобменной вентиляции.



а)



б)

Рисунок 4.35 — Модель рабочего места при выполнении операции «Намазка клеем подошв»:
 а) модель рабочего места в среде FDS, где: 1 – система местной вентиляции, 2 – емкость с полиуретановым клеем, 3 – затянута обувь на конвейере, 4 – подошва намазанная клеем, 5 – система общеобменной вентиляции;
 б) фото рабочего места на фабрике «Егорьевск-обувь»

В результате численных расчетов получена динамика распространения ацетона в воздухе рабочей зоны. На рисунке 4.36а показано распространение вредных веществ в плоскости Z , учитывающей все источники выделения, а также в плоскости X (рисунки 4.36б – 4.36г), проходящей через отдельные источники выделения. В соответствии с операционно-трудовыми нормативами обувной фабрики АО «Егорьевск-обувь» на выполнение операции «Намазка клеем подошв» рабочий затрачивает 16 с. Учитывая это, а также работу систем местной и общеобменной вентиляции с постоянной мощностью, установлено, что после намазки клеем 36 подошв качественное и количественное распространение ацетона в воздухе рабочей зоны практически не изменяется, то есть модель переходит в квазистационарный режим.

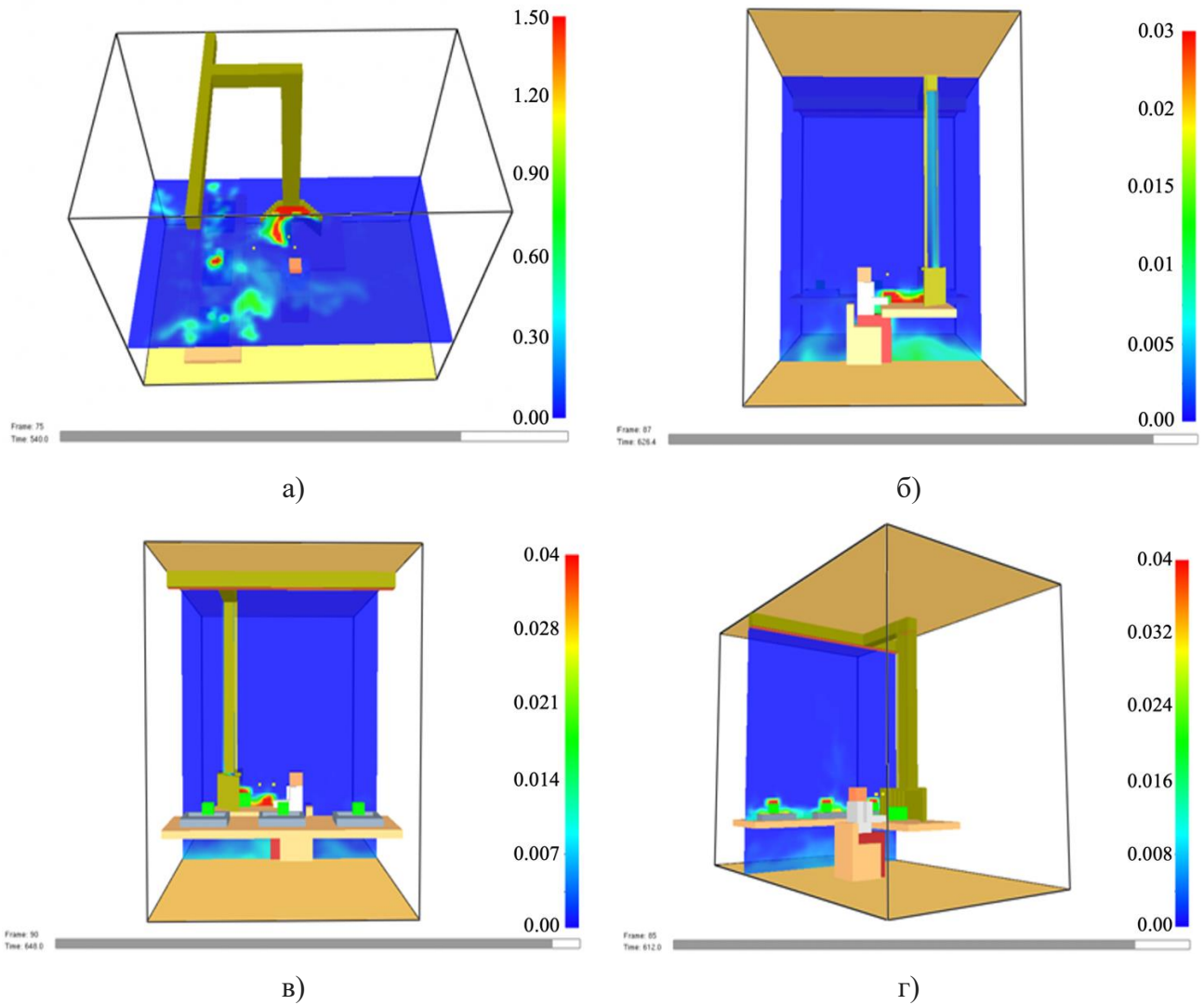


Рисунок 4.36 — Динамика распространения ацетона в воздухе рабочей зоны при выполнении операции «Намазка клеем подошвы»: а) суммарное распространение ацетона в плоскости Z на высоте 1,2 м от уровня пола от всех источников выделения; б) распространение ацетона в плоскости X от намазанной клеем подошвы; в) распространение ацетона в плоскости X от емкости с клеем; г) распространение ацетона в плоскости X от затянутой обуви на конвейере.

Количественное распространение ацетона оценивалось в 3 расчетных точках на высоте 1,2 м от уровня пола (рисунок 4.37а):

- 1) М-1 – расположена в зоне дыхания рабочего [10];
- 2) М-2 – учитывала взаимное выделение ацетона от намазанной клеем подошвы и емкости с клеем;
- 3) М-3 – учитывала взаимное выделение ацетона с затянутой обуви на конвейере на границе рабочей зоны.

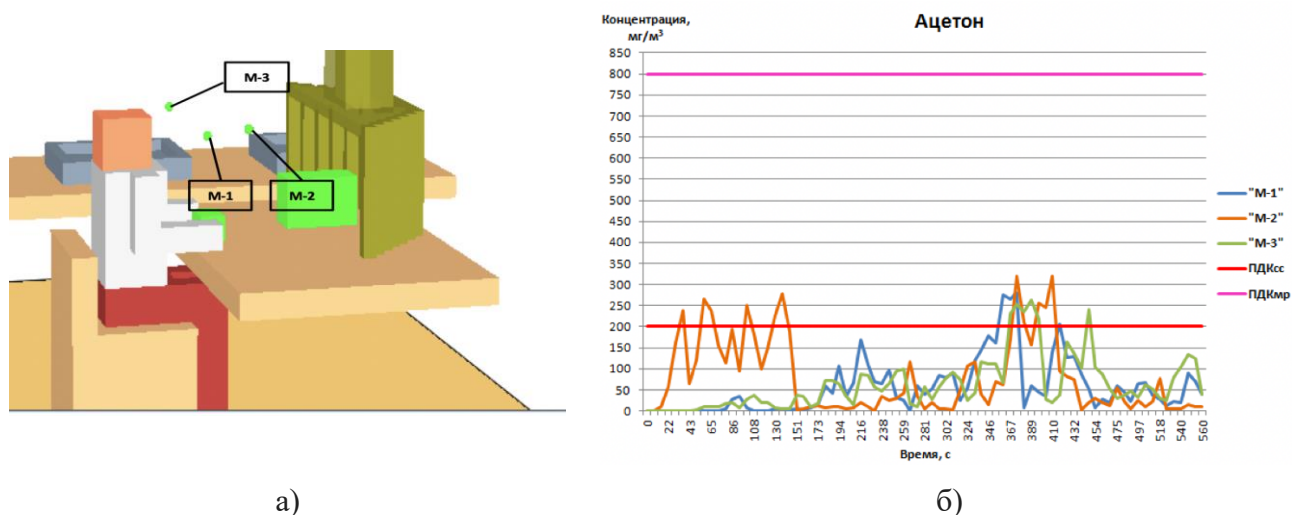


Рисунок 4.37 — Изменение концентраций ацетона в расчетных точках при выполнении операции «Намазка клеем подошв»: а) расположение расчетных точек в пространстве рабочей зоны; б) график изменения концентраций ацетона

По результатам численного моделирования получены данные по изменению концентраций ацетона в расчетных точках и построен график зависимости изменения концентраций ацетона от времени выполнения операции, представленный на рисунке 4.37,б. Из графика видно, что изменение концентраций ацетона характеризуется неравномерностью, которая объясняется турбулентностью потока газовой среды, то есть беспорядочной пульсацией скорости, температуры и давления. Поэтому пиковые значения концентраций ацетона в расчетных точках в разные моменты времени могут значительно превышать ПДК_{сс}, а по ПДК_{мр} соответствовать нормативному показателю [10]. Результаты расчетов показали, что усредненное значение концентраций по времени в т. М-1 равнялась 58,9 мг/м³, в т. М-2 – 80,1 мг/м³ и в т. М-3 – 65,3 мг/м³. Следовательно, содержание ацетона в т. М-1 составило 0,29ПДК_{сс}, в т. М-2 – 0,4ПДК_{сс} и в т. М-3 – 0,33ПДК_{сс}. Поэтому по факторам производственной среды условия труда при выполнении операции «Намазка клеем подошв» можно отнести к группе допустимых [10], что в свою очередь подтверждается картой аттестации этого рабочего места.

В рамках разработки инженерно-технических мероприятий по снижению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны было решено изменить

конструкцию систем местной вентиляции, то есть воздухозаборного устройства, без изменения проектной мощности и энергопотребления.

На рисунке 4.38,а представлено рабочее место по выполнению операций «Намазка клеем подошв» технологического процесса сборки обуви в соответствии с рабочим проектом фабрики АО «Егорьевск-обувь». Конструкция системы местной вентиляции устроена таким образом, что воздух забирается в вертикальной плоскости с верхней грани. В связи с тем, что в разрабатываемых математических моделях оценивается распространение ацетона, который обладают большей молекулярной массой ($M(C_3H_8O_2) = 88$ г/моль), чем воздух ($M(O_2) \approx 29$ г/моль), удалению этого вещества из рабочей зоны будет препятствовать сила тяжести. Поэтому в работе было решено изменить конструкцию местной вентиляции и подключить вытяжной рукав к нижней части задней стенки воздухозаборного устройства, тем самым создав вектор скорости в горизонтальном направлении, обеспечив забор воздуха у нижней поверхности. На рисунке 4.38,б представлена расчетная модель рабочего места по выполнению операций «Намазка клеем подошв» с измененным воздухозаборным устройством.

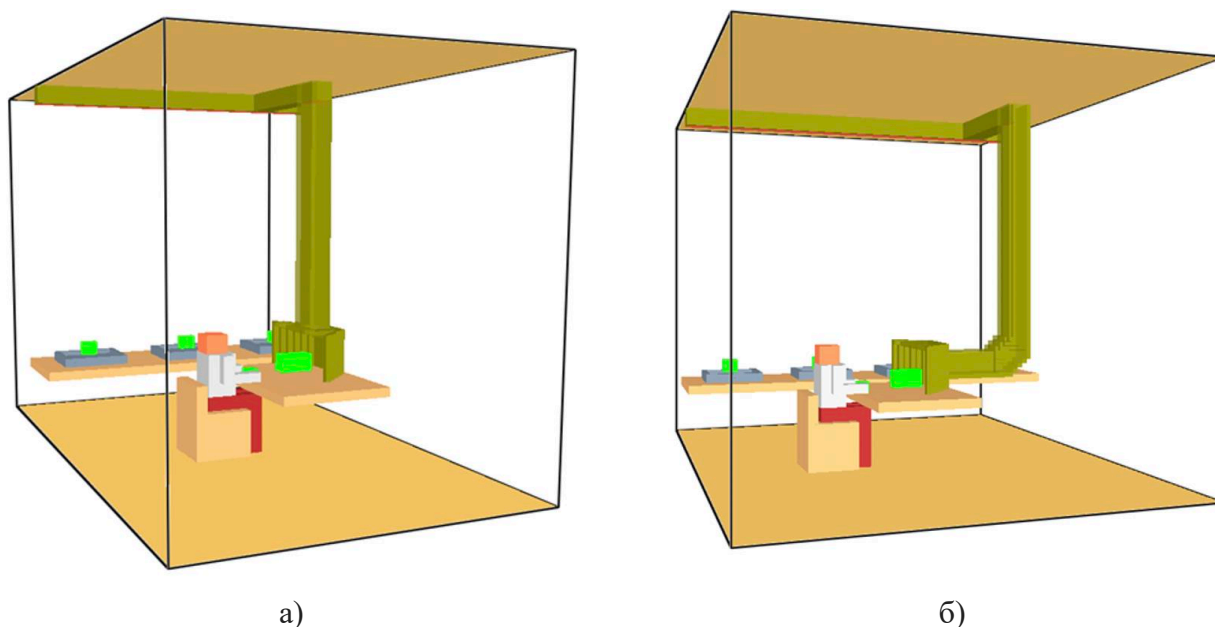


Рисунок 4.38 — Рабочее место при выполнении операции «Намазка клеем подошв»: а) конструкция местной вентиляции в соответствии с рабочим проектом фабрики АО «Егорьевск-обувь»; б) конструкция местной вентиляции в соответствии с инженерно-техническим мероприятием.

На основе численных расчетов с использованием разработанной математических моделей получены данные по динамике изменения концентрации ацетона и подвижности воздуха в рабочей зоне. Результаты представлены на рисунках 4.39 и 4.40. Установлено, что внедрение инженерно-технических мероприятий позволяет повысить эффективность работы системы местной вентиляции. Это доказывается снижением концентрации ацетона ацетата в воздухе рабочей зоны (рисунок 4.39б), вследствие увеличения подвижности воздуха создаваемой системой местной вентиляции (рисунок 4.40б). При этом необходимо отметить, что при разработке инженерно-технических мероприятий мощность системы местной вентиляции не изменялась и принималась в соответствии с рабочим проектом фабрики АО «Егорьевск-обувь».

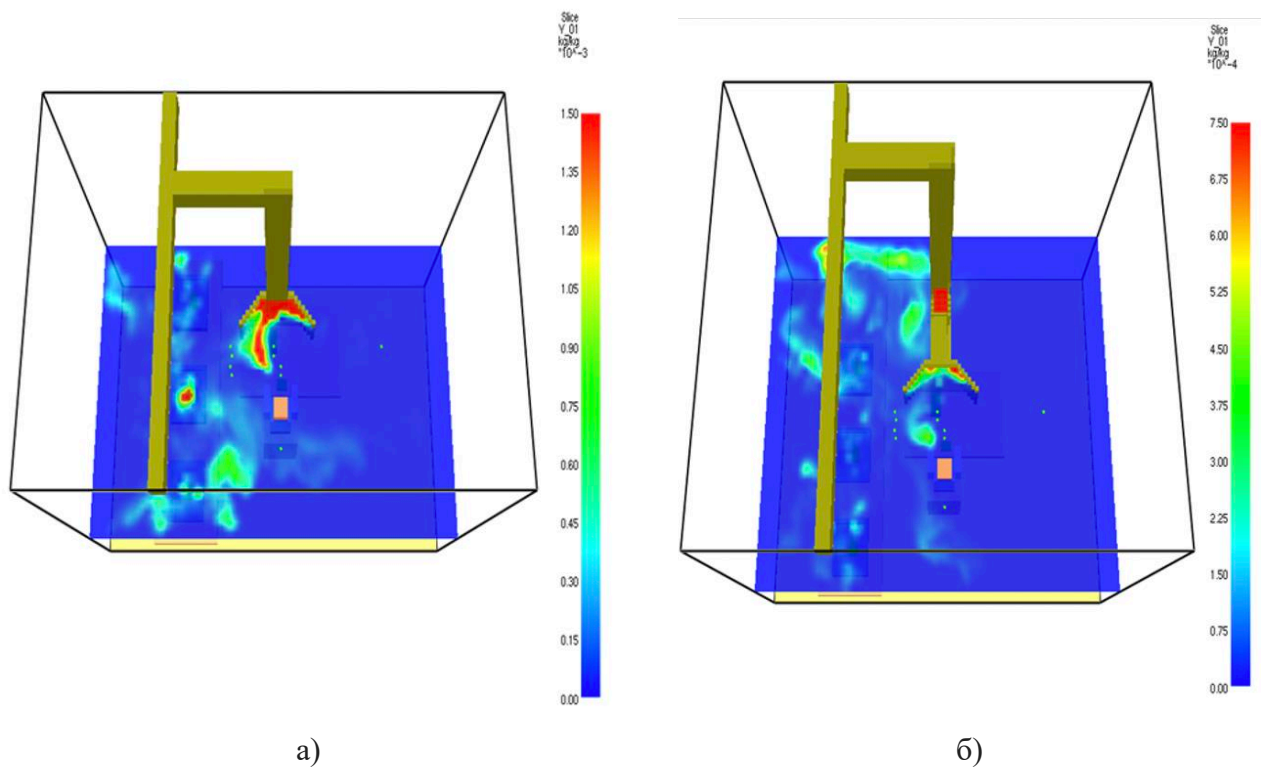


Рисунок 4.39 — Динамика изменения концентраций ацетона на рабочем месте при выполнении операции «Намазка клеем подошв», где: а) рабочее место фабрики АО «Егорьевск-обувь»; б) рабочее место в соответствии с инженерно-техническим мероприятием.

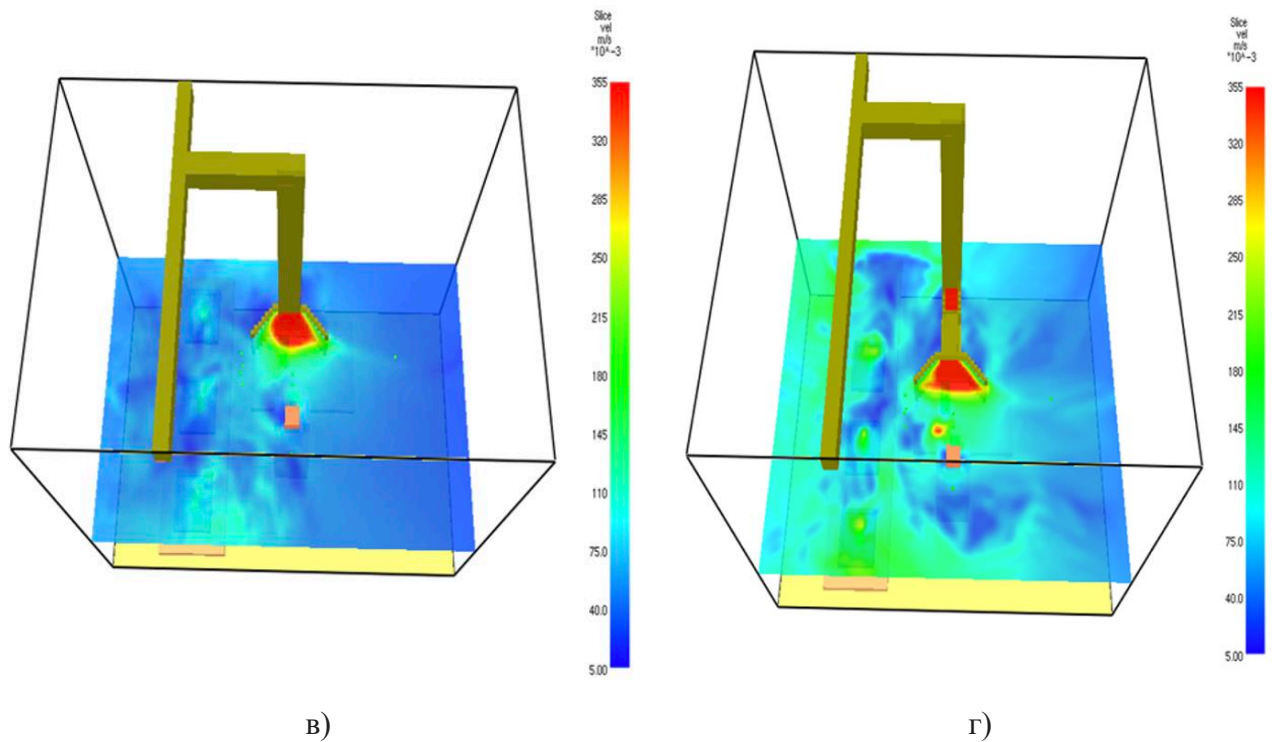


Рисунок 4.40 — Подвижность воздуха на рабочем месте при выполнении операции «Намазка клеем подошв», где: а) рабочее место фабрики АО «Егорьевск-обувь»; б) рабочее место в соответствии с инженерно-техническим мероприятием.

При разработке инженерно-технических мероприятий для оценки распространения ацетона в воздухе рабочей зоны расположение расчетных точек не изменилось (рисунок 4.37а). В результате расчетов получены данные концентрации ацетона в расчетных точках, представленные на рисунке 4.41. Из графиков видно, что пиковые значения концентраций ацетона, не превышают ПДК_{мр} и ПДК_{сс}, а усредненные по времени значения концентраций, представленные в таблице 4.8, не превышают санитарно-гигиенических нормативов, что подтверждается актом производственной апробации результатов исследований, приведенным в Приложении В.

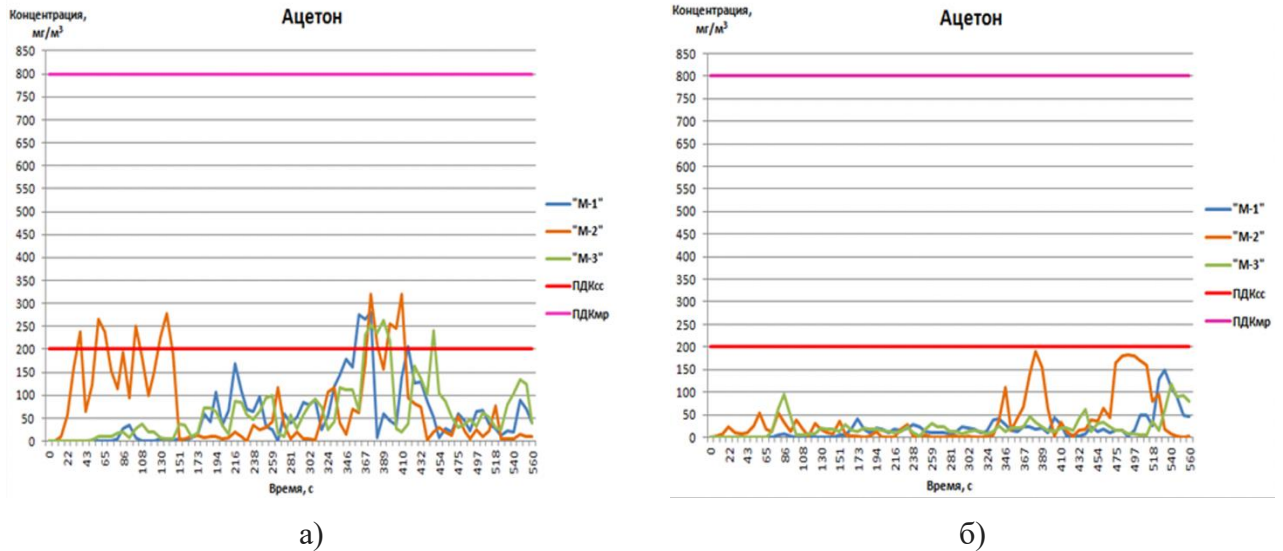


Рисунок 4.41 — Изменение концентраций ацетона в расчетных точках при выполнении операции «Намазка клеем подошв», где: а) рабочее место фабрики АО «Егорьевск-обувь»; б) рабочее место в соответствии с инженерно-техническим мероприятием.

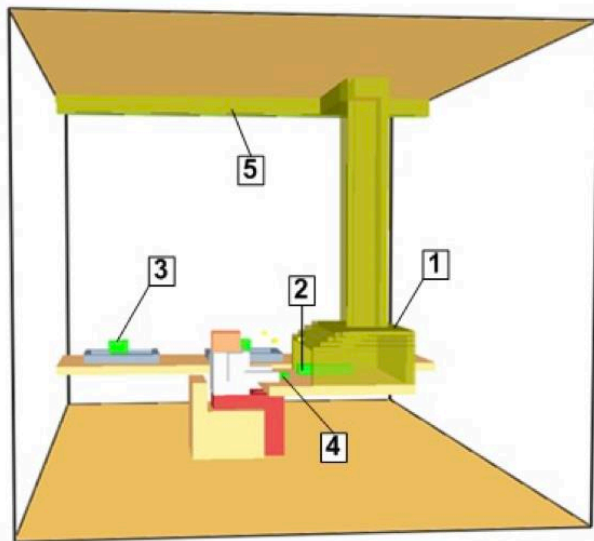
Таблица 4.8 — Усредненные по времени концентрации ацетона в расчетных точках.

Расчетные точки	Концентрации на рабочем месте в соответствии с рабочим проектом фабрики АО «Егорьевск-обувь»	Концентрации на рабочем месте в соответствии с разработанными инженерно-техническими мероприятиями
	Ацетон, мг/м ³	
М-1	56,03	19,58
М-2	73,10	36,23
М-3	62,62	21,82

Анализ показал, что в результате применения разработанных инженерно-технических мероприятий на рабочих местах по выполнению операции «Намазка клеем подошв» концентрации ацетона соответствуют ПДКсс и ПДКмр. Поэтому условия труда на этих рабочих местах по факторам производственной среды можно отнести к группе оптимальных [99]. В результате выполнения разработанных мероприятий при выполнении операций «Намазка клеем подошв» обеспечиваются лучшие условия труда, что создает предпосылки повышения его производительности.

Аналогичным образом была разработана расчетная модель и проведено моделирование операции «Вклеивание задников» (рисунок 4.42). Главным

отличием этого рабочего места от рассмотренного выше – конструкция местной вентиляции (воздухозаборного устройства) и распространяющийся в воздухе рабочей зоны этилацетат.



а)



б)

Рисунок 4.42 — Модель рабочего места при выполнении операции «Вклеивание задников»: а) модель рабочего места в среде FDS, где: 1 – система местной вентиляции, 2 – емкость с полихлоропропеновым клеем, 3 – заготовки верха обуви на конвейере, 4 – задник намазанный клеем, 5 – система общеобменной вентиляции; б) фото рабочего места на фабрике АО «Егорьевск-обувь»

По результатам численных расчетов получена динамика распространения этилацетата в воздухе рабочей зоны. На рисунке 4.43а показано распространение вредных веществ в плоскости Z , учитывающей все источники выделения, а также в плоскости X (рисунки 4.43б – 4.43г), проходящей через отдельные источники выделения. В соответствии с операционно–трудовыми нормативами обувной фабрики АО «Егорьевск-обувь» на выполнении операции «Вклеивание задников» рабочий затрачивает порядка 20 с. Учитывая это, а также работу систем местной и общеобменной вентиляции с постоянной мощностью, установлено, что после намазки клеем 28 задников качественное и количественное распространение этилацетата в воздухе рабочей зоны практически не изменяется, то есть модель переходит в квазистационарный режим.

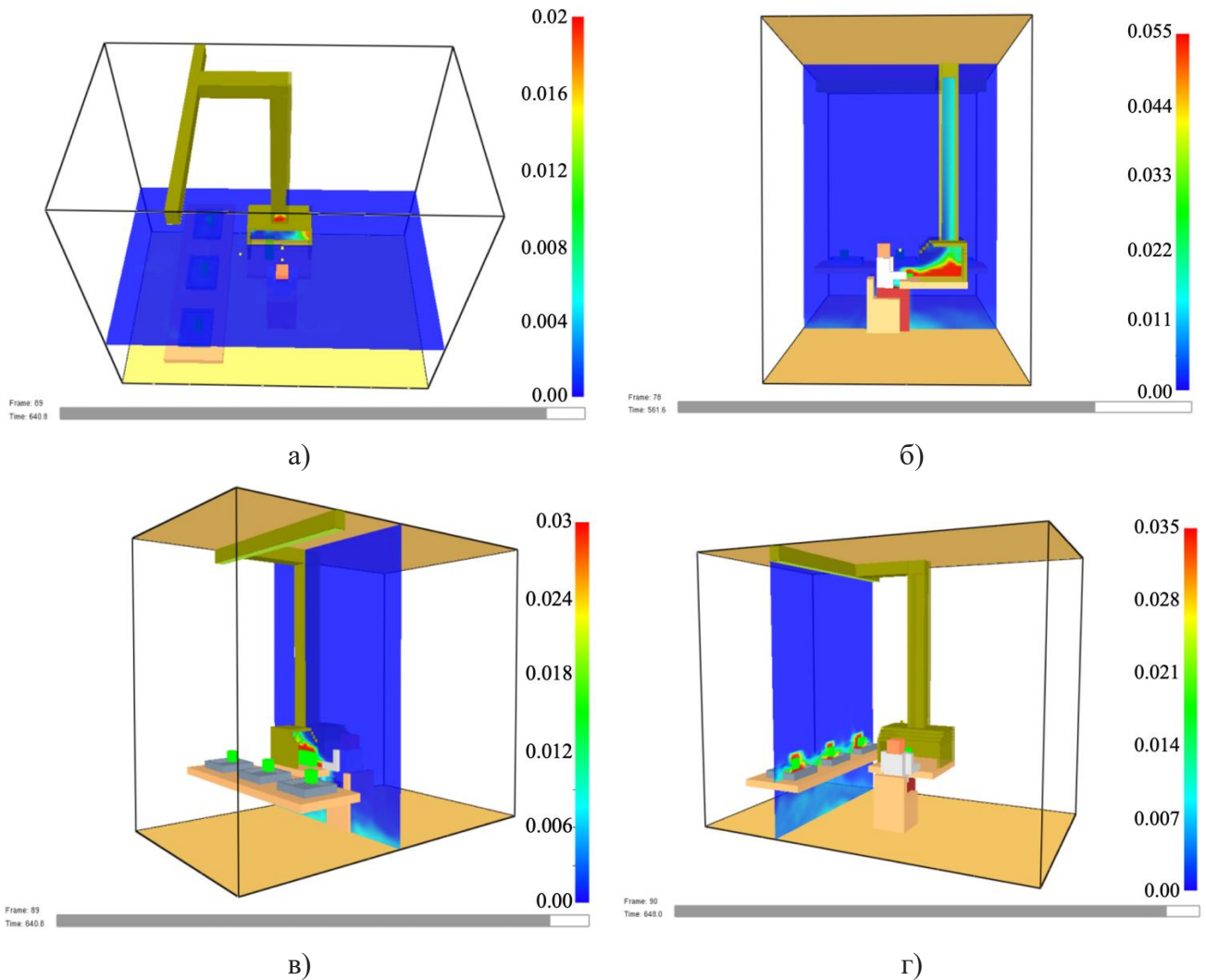


Рисунок 4.43 — Динамика распространения этилацетата в воздухе рабочей зоны при выполнении операции «Вклеивание задников»: а) суммарное распространение этилацетата в плоскости Z на высоте 1,2 м от уровня пола от всех источников выделения; б) распространение этилацетата в плоскости X от намазанного клеем задника; в) распространение этилацетата в плоскости X от емкости с клеем; г) распространение этилацетата в плоскости X от заготовок верха обуви на конвейере.

Количественное распространение этилацетата, также, как и в модели операции «Намазка клеем подошв», оценивалось в 3 расчетных точках на высоте 1,2 м от уровня пола (рисунок 4.44а):

- 1) Т-1 – расположена в зоне дыхания рабочего [10];
- 2) Т-2 – учитывала взаимное выделение этилацетата от намазанного клеем задника и емкости с клеем;
- 3) Т-3 – учитывала взаимное выделение этилацетата с заготовок верха обуви на конвейере на границе рабочей зоны.

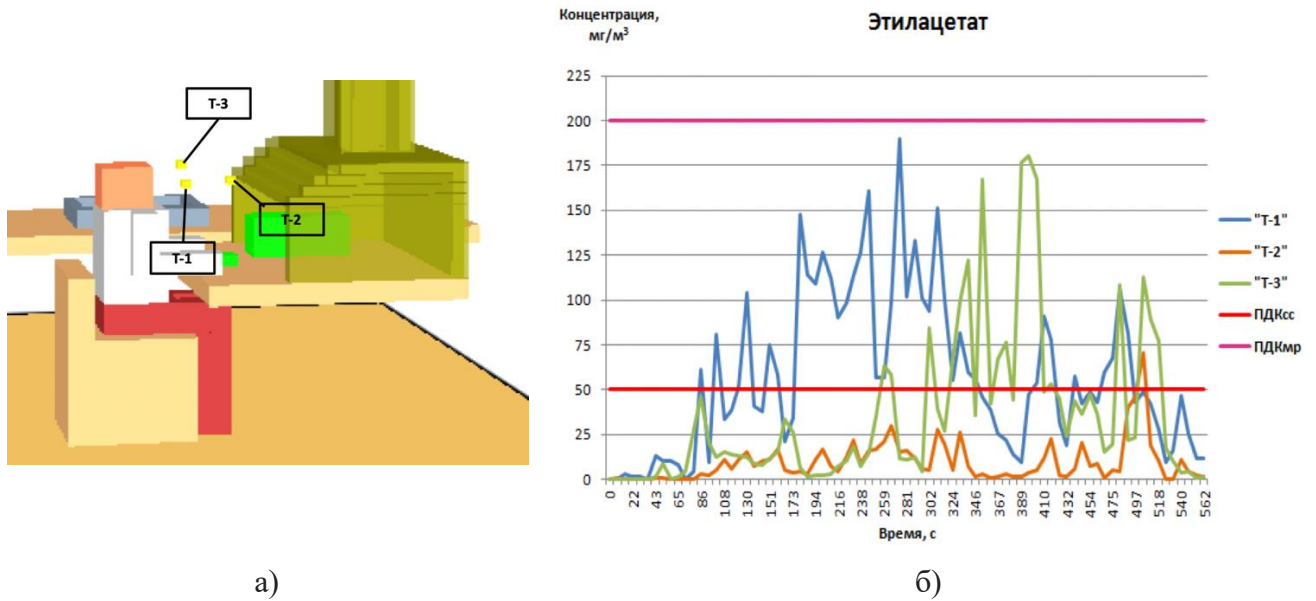


Рисунок 4.44 — Изменение концентраций этилацетата в расчетных точках при выполнении операции «Вклеивание задников»: а) расположение расчетных точек в пространстве рабочей зоны; б) график изменения концентраций этилацетата

В результате численного моделирования получены данные по изменению концентраций этилацетата в расчетных точках и построен график зависимости изменения концентраций этилацетата от времени выполнения операции, представленный на рисунке 4.44б. Результаты расчетов показали, что превышение ПДК_{mr} отсутствует, а усредненные по времени значения концентраций в Т-1 составили $57,02 \text{ мг/м}^3$ ($1,14\text{ПДК}_{cc}$), а в т. Т-2 и Т-3 – $9,47$ ($0,2\text{ПДК}_{cc}$) мг/м^3 и $35,38 \text{ мг/м}^3$ ($0,7\text{ПДК}_{cc}$) соответственно. Следовательно, факторы производственной среды условия труда при выполнении операции «Вклеивание задников» можно отнести к группе допустимых [10], что в свою очередь подтверждается картой аттестации этого рабочего места.

В рамках разработки инженерно-технических мероприятий по снижению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны при выполнении операции «Вклеивание задника» осуществлены мероприятия, аналогичные мероприятиям на операции «Намазка клеем подошв», то есть изменена конструкция воздухозаборного устройства, без изменения проектной мощности и энергопотребления.

На рисунке 4.45а представлено рабочее место по выполнению операций «Вклеивание задников» технологического процесса сборки обуви в соответствии с

рабочим проектом фабрики АО «Егорьевск-обувь». Конструкция системы местной вентиляции устроена таким образом, что воздух забирается в вертикальной плоскости с верхней грани. В связи с тем, что в разрабатываемых математических моделях оценивается распространение этилацетата, который обладает большей молекулярной массой ($M(C_3H_6O) = 58$ г/моль), чем воздух ($M(O_2) \approx 29$ г/моль), удалению этого вещества из рабочей зоны будет препятствовать сила тяжести. Поэтому в работе было решено изменить конструкцию местной вентиляции, подключив вытяжной рукав к нижней части задней стенки воздухозаборного устройства, тем самым создавая вектор скорости в горизонтальном направлении, обеспечивающий забор воздуха у нижней поверхности. На рисунке 4.45б представлена расчетная модель рабочего места по выполнению операций «Вклеивание задников» с измененным воздухозаборным устройством.

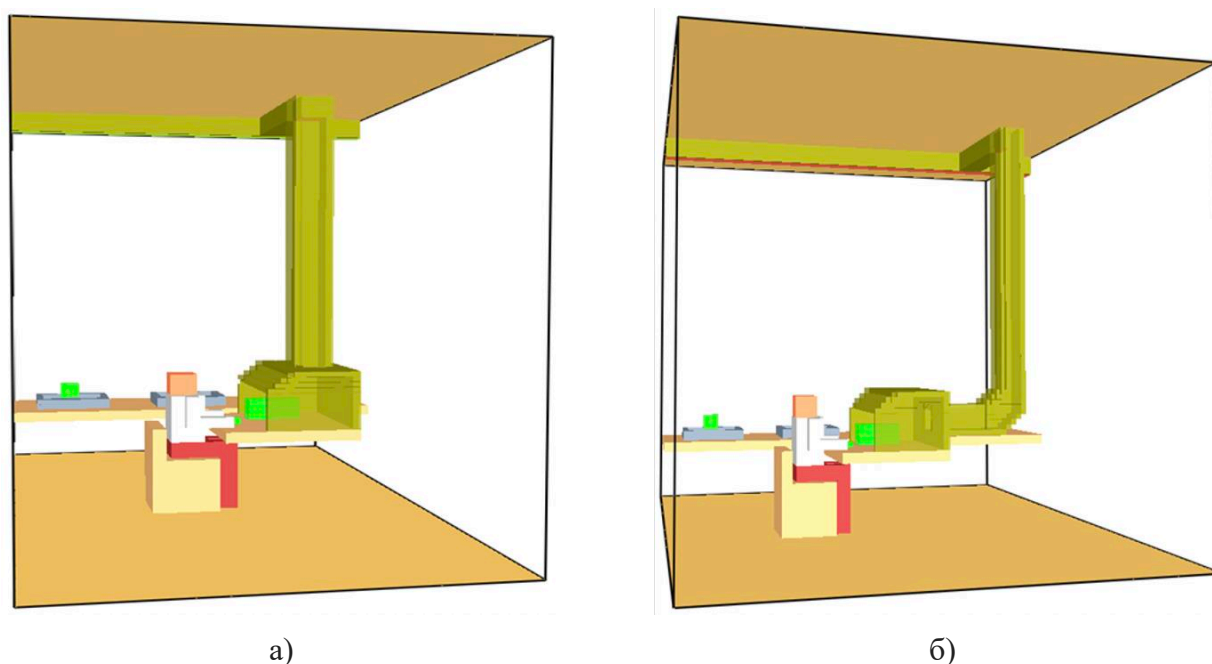


Рисунок 4.45 — Рабочее место при выполнении операции «Вклеивание задников»: а) конструкция местной вентиляции в соответствии с рабочим проектом фабрики АО «Егорьевск-обувь»; б) конструкция местной вентиляции в соответствии с инженерно-техническим мероприятием.

На основе численных расчетов с использованием разработанной математической модели получены данные по динамике изменения концентрации этилацетата и подвижности воздуха в рабочей зоне. Результаты представлены на рисунке 4.46. Установлено, что внедрение инженерно-технических мероприятий позволяет повысить эффективность работы системы местной вентиляции. Это

доказывается снижением концентрации этилацетата в воздухе рабочей зоны (рисунок 4.46б), вследствие увеличения подвижности воздуха создаваемой системой местной вентиляции (рисунок 4.46г). При этом необходимо отметить, что при разработке инженерно-технических мероприятий мощность системы местной вентиляции не изменялась и принималась в соответствии с рабочим проектом фабрики АО «Егорьевск-обувь».

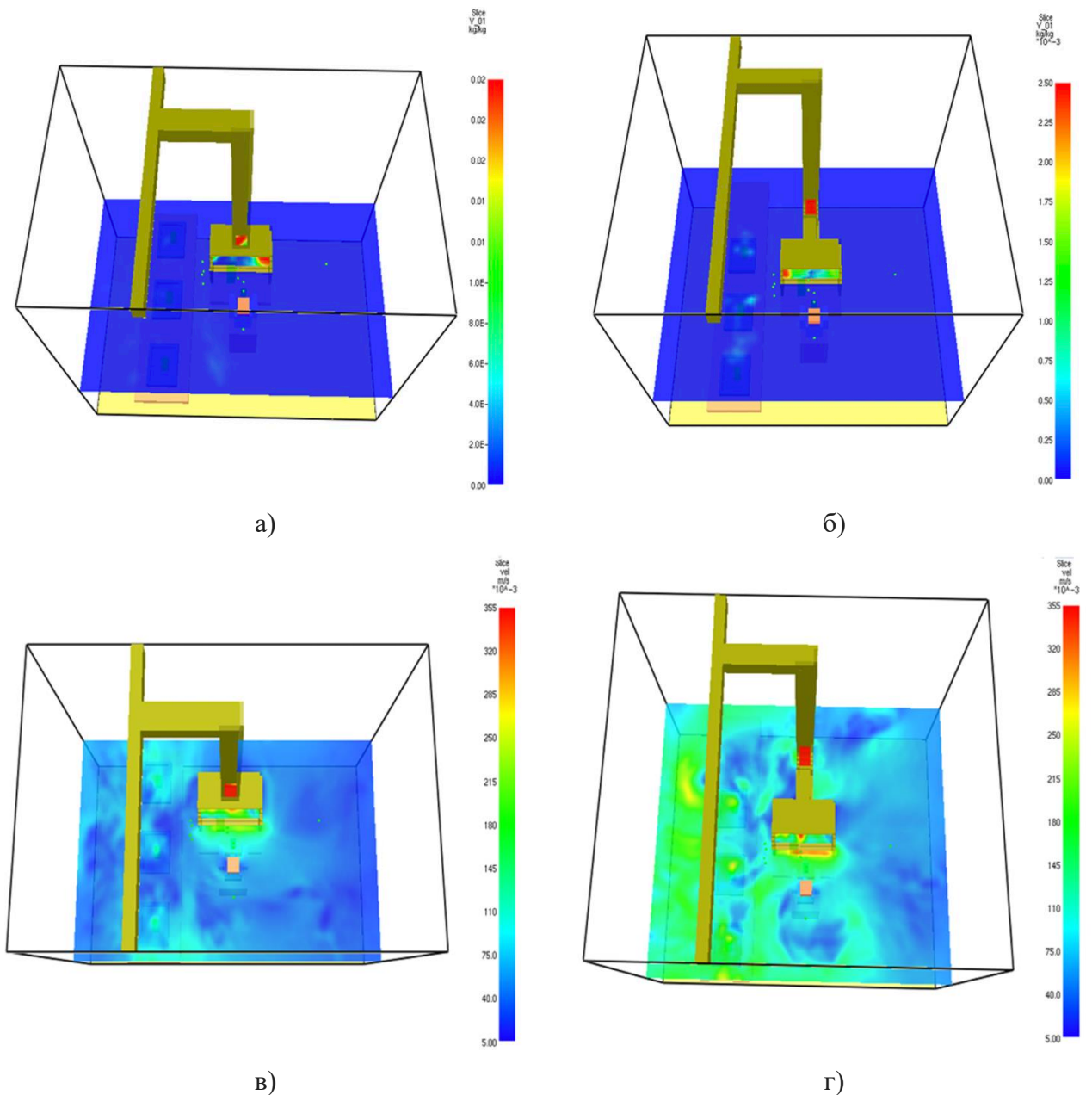


Рисунок 4.46 — Динамика изменения концентраций этилацетата и подвижность воздуха на рабочем месте при выполнении операции «Вклеивание задников», где: а) и в) рабочее место фабрики АО «Егорьевск-обувь»; б) и г) рабочее место в соответствии с инженерно-техническим мероприятием.

При разработке инженерно-технических мероприятий для оценки распространения этилацетата в воздухе рабочей зоны расположение расчетных точек не изменилось (рисунок 4.47). В результате расчетов получены данные концентрации этилацетата в расчетных точках, представленные на рисунке 4.47. Из графиков видно, что пиковые значения концентраций этилацетата, не превышают ПДК_{мр} и ПДК_{сс}, а усредненные по времени значения концентраций, представленные в таблице 4.9, не превышают санитарно-гигиенических нормативов.

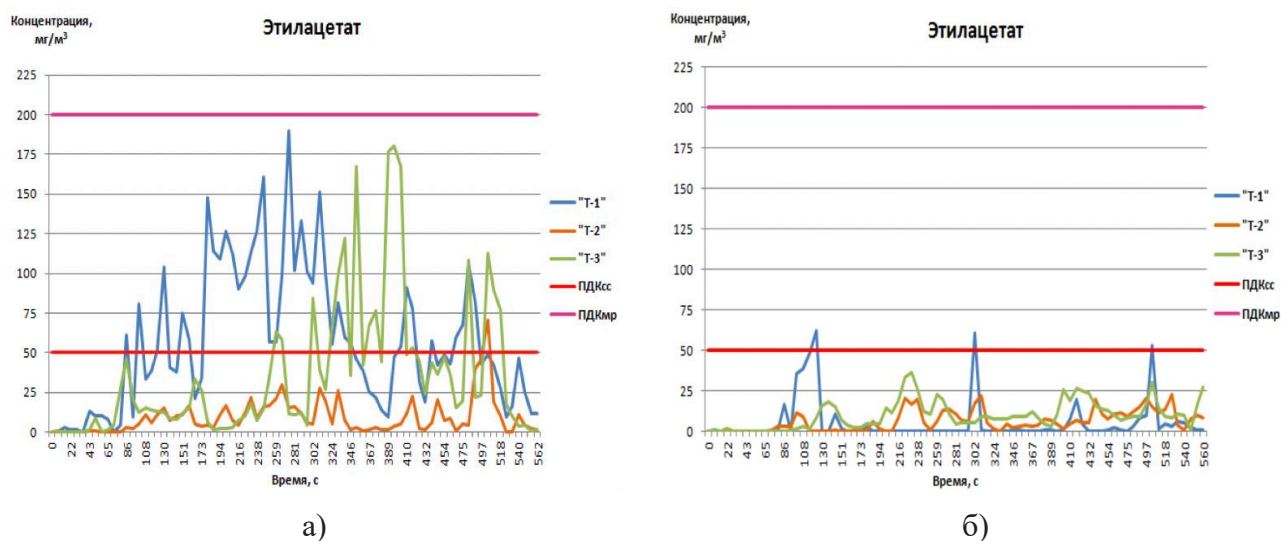


Рисунок 4.47 — Изменение концентраций этилацетата в расчетных точках при выполнении операции «Вклеивание задников», где: а) рабочее место фабрики АО «Егорьевск-обувь»; б) рабочее место в соответствии с инженерно-техническим мероприятием.

Таблица 4.9 — Усредненные по времени концентрации этилацетата в расчетных точках.

Расчетные точки	Концентрации на рабочем месте в соответствии с рабочим проектом фабрики АО «Егорьевск-обувь»	Концентрации на рабочем месте в соответствии с разработанными инженерно-техническими мероприятиями
	Этилацетат, мг/м ³	
Т-1	57,02	15,32
Т-2	9,47	6,22
Т-3	35,38	10,02

Анализ показал, что в результате применения разработанных инженерно-технических мероприятий на рабочих местах по выполнению операции «Вклеивание задников» концентрации этилацетата соответствуют ПДКсс и ПДКмр. Поэтому условия труда на данных рабочих местах по факторам производственной среды можно отнести к группе оптимальных [99]. В результате выполнения разработанных мероприятий на операции «Вклеивание задников» обеспечиваются лучшие условия труда, что создает предпосылки повышения его производительности.

Распределение пыли

Для моделирования распространения пылевывделений был выбран раскройно-вырубочный цех АО «Егорьевск-обувь», в котором заданы 5 видов материалов при обработке которых происходит выделение пыли в воздух рабочей зоны на операциях раскроя и разруба материалов на детали обуви (таблица 4.10)

Таблица 4.10 — Свойства частиц пыли для 5 видов материалов, подвергающихся раскрою и разрубку в раскройно-вырубочном цехе АО «Егорьевск-обувь»

№п/п	Вид пылевывделений	Плотность, кг/м ³	Средний диаметр, м	Проводимость, Сименс
1	Кожевенная	900	0.0001	100000
2	Войлочная	330		
3	Гетинакс	1350		
4	Картонный	900		
5	Текстильный	600		

Перед этим всё оборудование цеха было условно разделено на группы по видам выделения пыли.

В раскройно-вырубочном цехе фабрики «Егорьевск-обувь» проводятся технологические операции:

- вырубание деталей низа обуви;
- фрезерование деталей низа обуви;
- клеймение деталей обуви;

- срезание краёв верха обуви;
- формование подошв;
- шлифование стельки;
- спускание краёв верха обуви;
- формование стельки;
- раскрой деталей верха.

Прессы для раскроя деталей верха занимают большую часть цеха, Из 78 рабочих мест раскройно-вырубочного цеха, вырубочными прессами оснащены 36.

Среди выделений пыли в воздух рабочей зоны, преобладает кожевенная и войлочная пыль, также, незначительные выделения пыли гетинакса, текстиля и картона (рисунок 4.48)

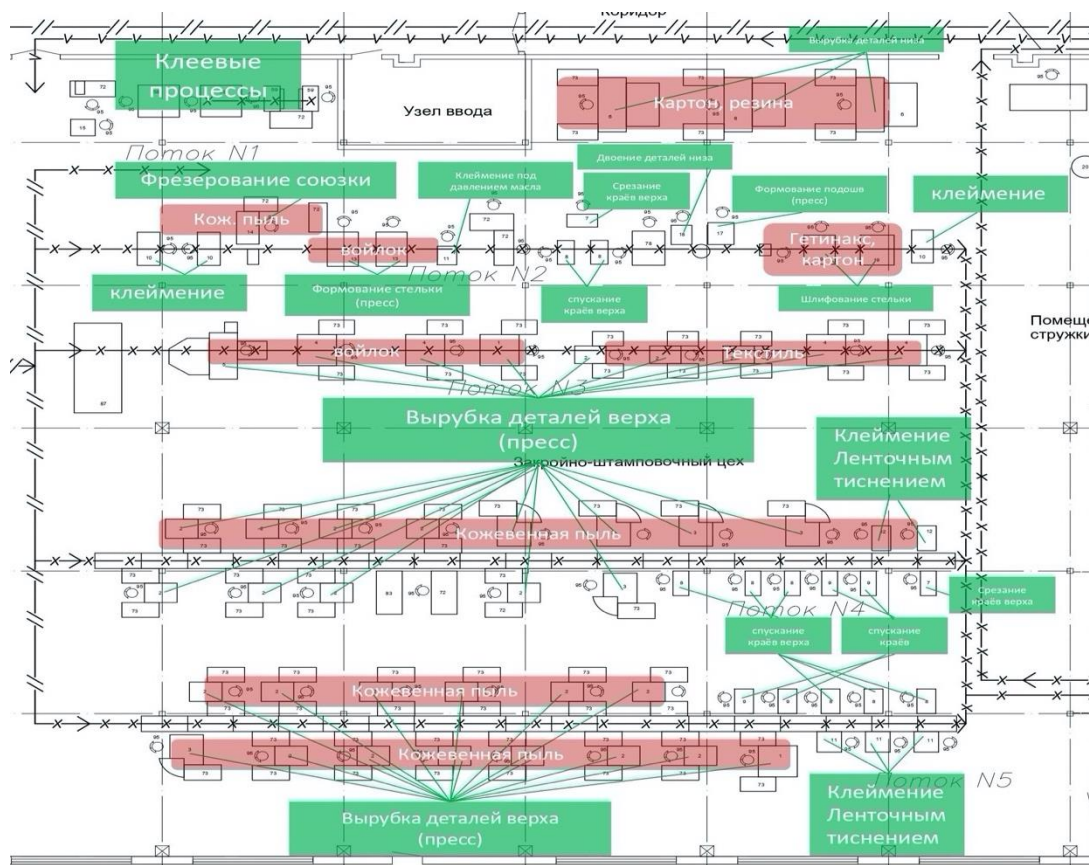


Рисунок 4.48 — Технологические процессы раскройно-вырубочного цеха и типы пылевыведений от них.

В процессе работы над математической моделью была проведена доработка программного обеспечения, заключающаяся в создании базы физико-химических показателей веществ, характерных для обувного производства, таких как кожаная, войлочная, картонная, текстильная пыль и пыль гетинакса.

База данных включает значения среднего диаметра, плотности и проводимости частицы пыли каждого вида. В настоящий момент база данных включает 5 видов пыли, характерных для обувного производства и может быть при необходимости дополнена.

Для более подробного и точного описания процессов тепломассопереноса в цехе сборки обуви, необходимо оценить и учесть распространение пыли от основных операций раскроя и разруба, тепловыделения от электрических двигателей технологического оборудования и движение воздуха, создаваемое системами общеобменной вентиляции.

Как отмечалось ранее, в настоящее время для предприятий легкой промышленности рекомендована одна методика, позволяющая оценить количество выделения вредных веществ, в том числе и пыли, от источника. Ранее действовавшие нормативно-методические документы прекратили свое действие с 01 января 2011 г. [242].

Расчет выделения пыли от технологических операций механической обработки материалов в производстве обуви и кожгалантерейных изделий проведен в соответствии с методикой, представленной в разделе 2.3.

Модель раскройно-вырубочного цеха обувной фабрики АО «Егорьевск-обувь» разработана согласно рабочему проекту и реализована в среде FDS (рисунок 4.49).

Описание расчетной модели раскройно-вырубочного цеха обувной фабрики АО «Егорьевск-обувь» в среде FDS приведена в Приложении А.

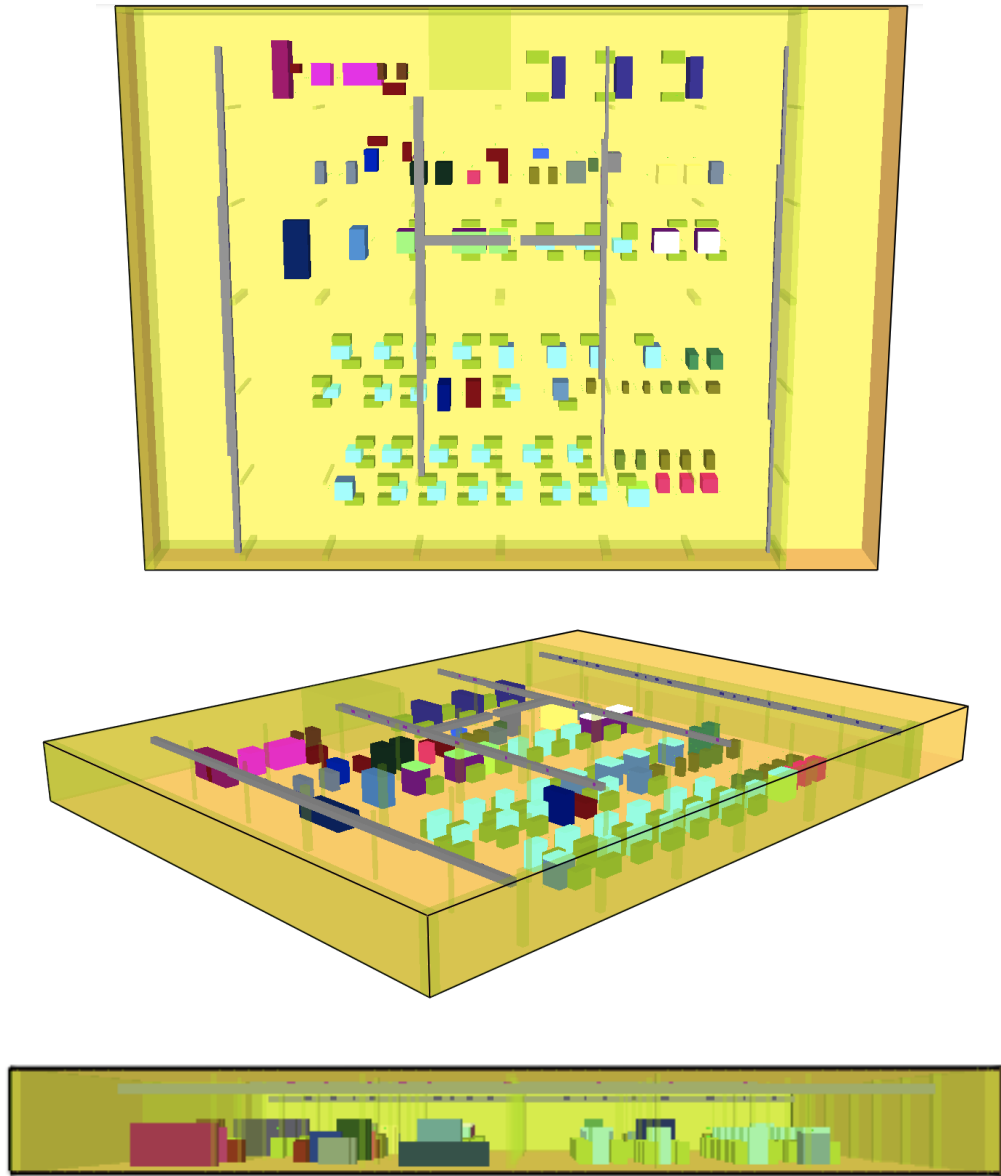


Рисунок 4.49 — Модель раскройно-вырубного цеха АО «Егорьевск-обувь»

На основе паспортных данных оборудования определены теплопоступления от электродвигателей, станков и механизмов и построена модель раскройно-вырубного цеха, в котором происходит распространение пылевывделений в результате раскроя и разруба материалов на детали обуви. На основе численного расчета тепломассопереноса получены подробные поля изменения концентраций пыли в воздухе рабочей зоны на рабочих местах при выполнении операций (рисунок 4.50).

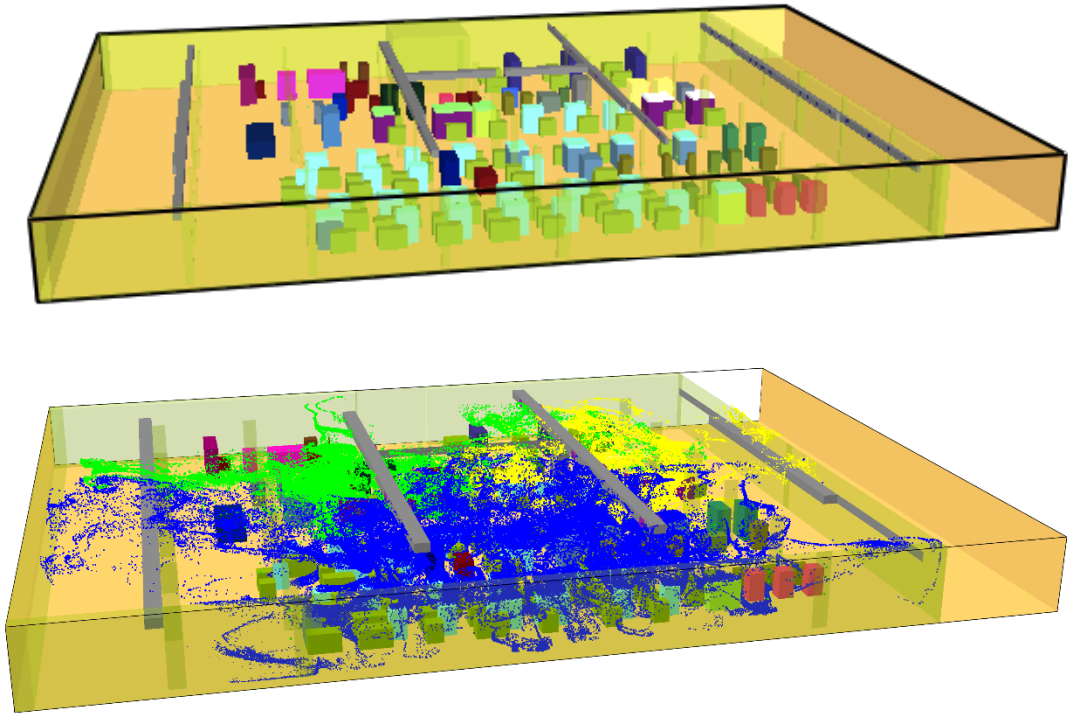
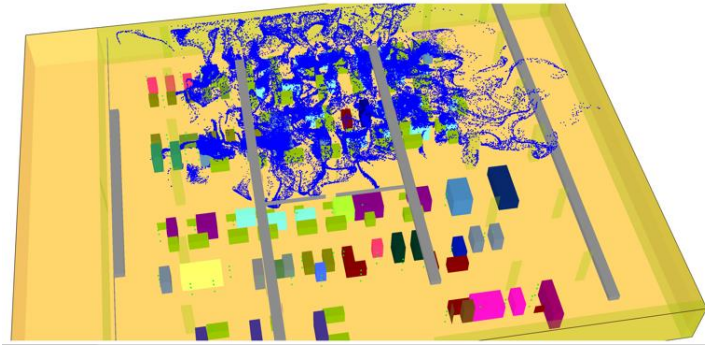


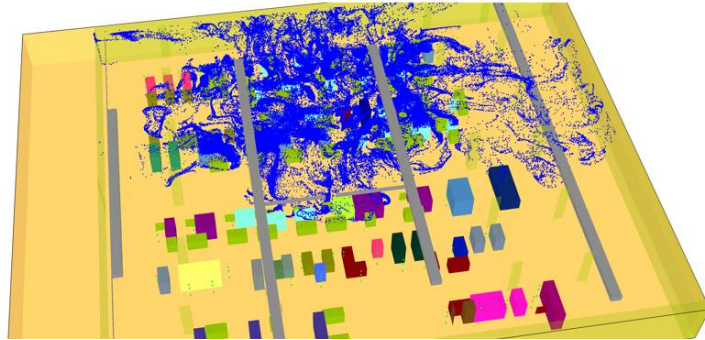
Рисунок 4.50 — Результаты численного расчета распространения пылевывделений в раскройно-вырубочном цехе, визуализация с помощью ПО Smokeview: а) состояние воздушной среды цеха до запуска технологической линии б) состояние воздушной среды цеха через 4 часа рабочей смены; синим цветом обозначена кожаная пыль, жёлтым картонная, зелёным – текстильная.

Как видно из визуализации численного расчёта, в воздухе рабочей зоны ожидаемо преобладает кожаная пыль (синий цвет). Кожаная пыль распространяется в течение рабочей смены далеко за пределы 4 и 5 производственных потоков, на которых происходит раскрой и разруб материалов из натуральной кожи на детали обуви (рисунок 4.51)

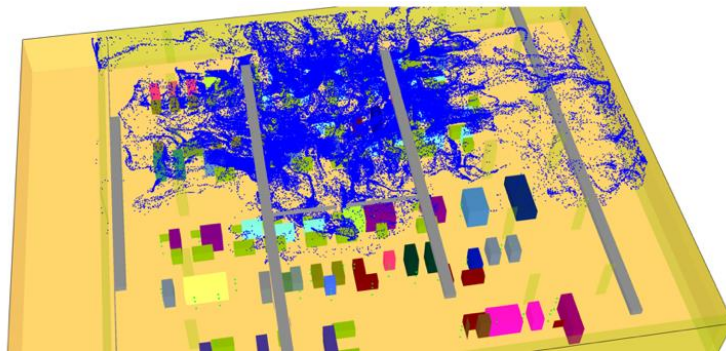
Для кожаной пыли рассчитаны и смоделированы поля изменения скорости движения аэрозоля (рисунок 4.52) и массовая концентрация в воздухе (рисунок 4.53). Адекватность полученной модели подтверждается актом производственной апробации результатов исследований, приведенным в Приложении В.



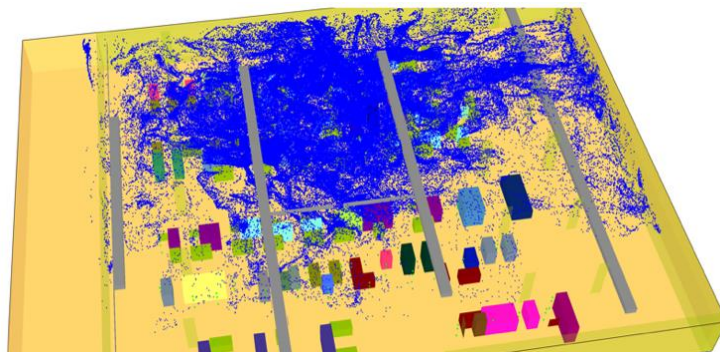
а)



б)



в)



г)

Рисунок 4.51 — Динамика распространения кожаной пыли в раскройно-вырубочном цехе АО «Егорьевск-обувь», визуализация в ПО Smokeview: а) распространение кожаной пыли в воздушном пространстве спустя 1 час после запуска технологической линии; б) распространение кожаной пыли в воздушном пространстве спустя 2 часа после запуска технологической линии; в) распространение кожаной пыли в воздушном пространстве спустя 3 часа после запуска технологической линии; г) распространение кожаной пыли в воздушном пространстве спустя 4 часа после запуска технологической линии.

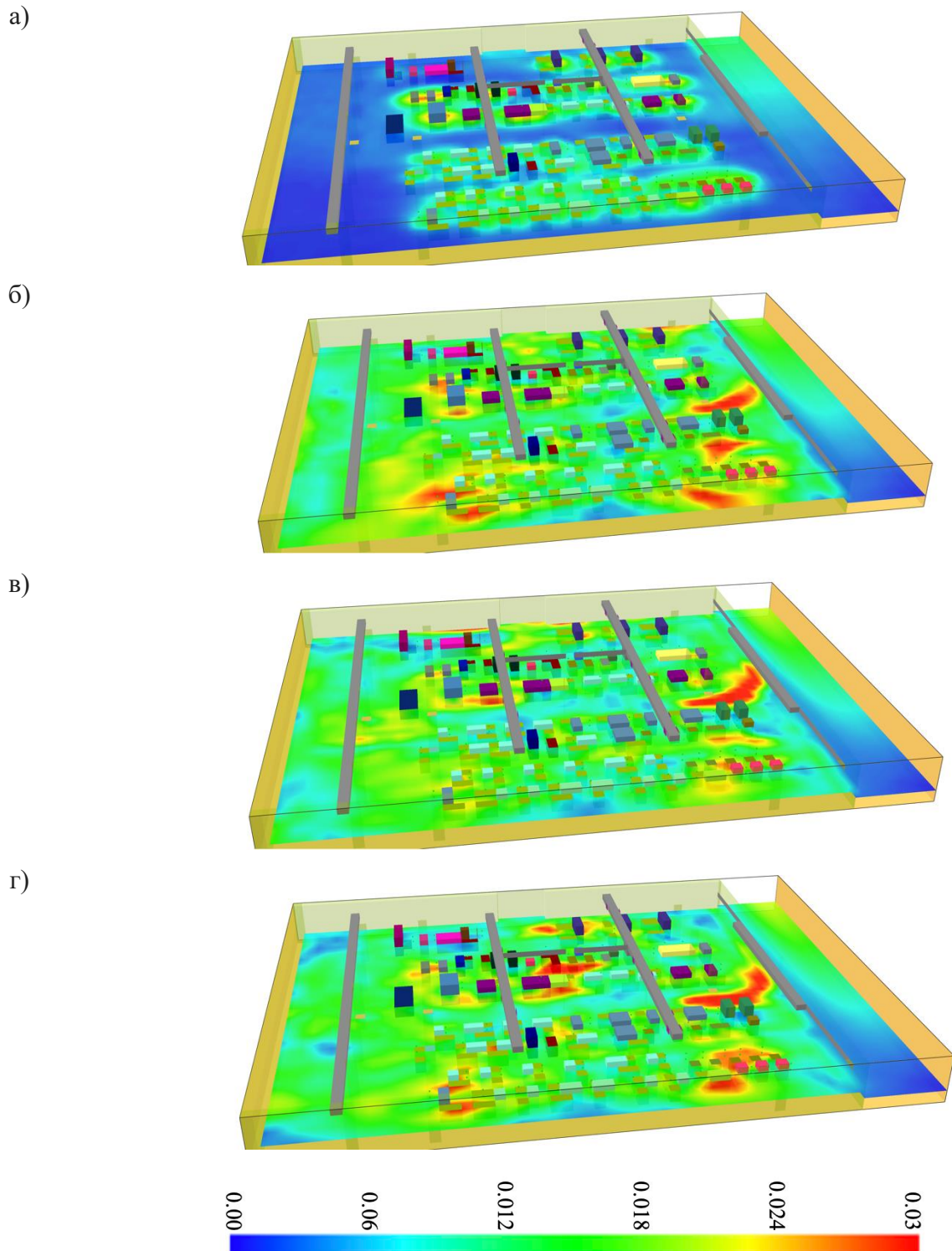


Рисунок 4.52 — Динамика изменения скорости движения частиц пыли в раскройно-вырубочном цехе АО «Егорьевск-обувь», визуализация в ПО Smokeview: а) движение частиц пыли спустя 1 час после запуска технологических линий; б) движение частиц пыли спустя 2 часа после запуска технологических линий; в) движение частиц пыли спустя 3 часа после запуска технологических линий; г) движение частиц пыли спустя 4 часа после запуска технологических линий; где, согласно шкале, синим обозначена скорость движения воздуха, равная 0 м/с, а красным – 0.30 м/с.

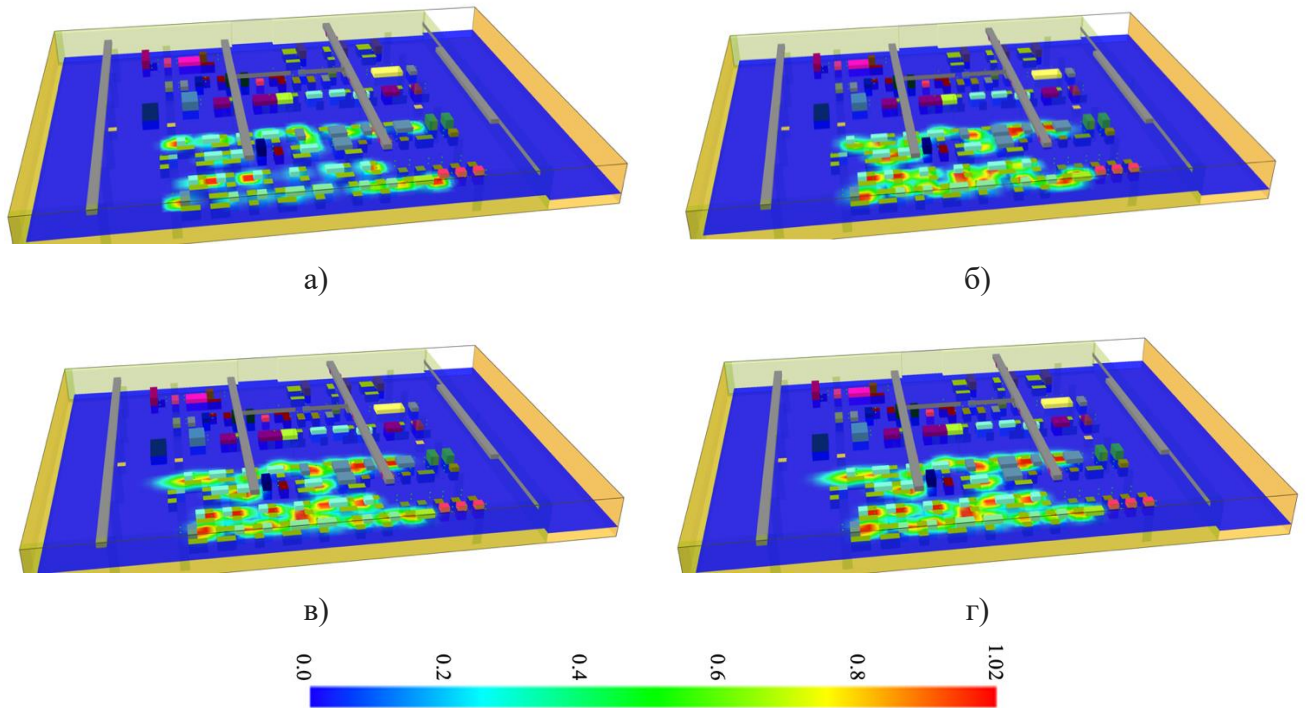


Рисунок 4.53 — Динамика изменения массовой концентрации кожаной пыли на рабочих местах раскройно-вырубочного цеха АО «Егорьевск-обувь», визуализация в ПО Smokeview, ($\text{кг/кг} \cdot 10^{-2}$): а) массовая концентрация кожаной пыли спустя 1 час после запуска технологической линии; б) массовая концентрация кожаной пыли спустя 2 часа после запуска технологической линии; в) массовая концентрация кожаной пыли спустя 3 часа после запуска технологической линии; г) массовая концентрация кожаной пыли спустя 4 часа после запуска технологической линии.

Как видно из визуализации на рисунке 4.52 (б, в, г), уже через 2 часа образуются зоны, где скорость движения частиц пыли равна нулю. Это зоны с потенциально возможными повышенными концентрациями пыли (рисунок 4.54).

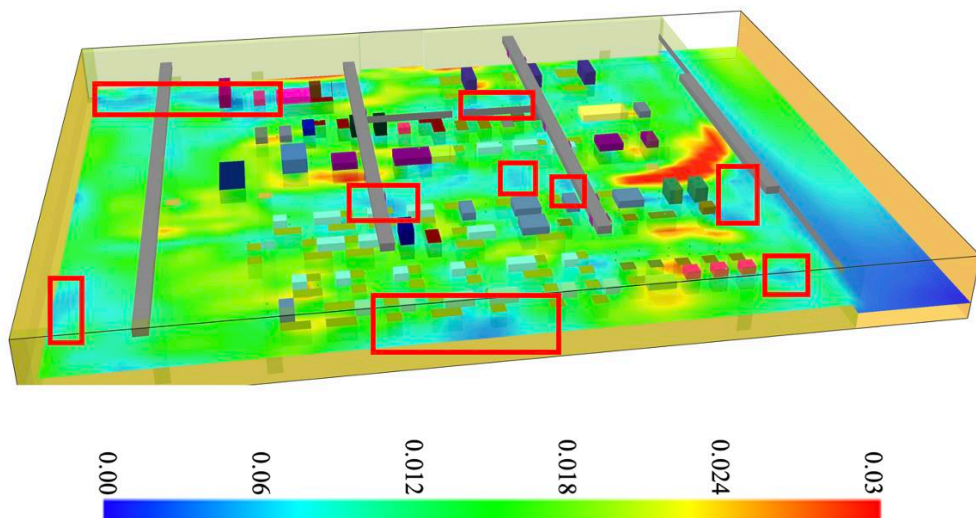


Рисунок 4.54 — Зоны, скорость движения частиц в которых равна 0 м/с, визуализация в ПО Smokeview.

Анализ динамики изменения массовой концентрации кожевенной пыли показывает, что система вентиляции работает качественно, после запуска технологической линии и до её остановки на обеденный перерыв спустя 4 часа рабочей смены, застойные зоны появляются спустя менее получаса работы, но не растут значительно.

Отдельно стоит выделить моделирование вентиляционных процессов, так как при оценке распространения пылевывделений в пространстве цеха именно эффективность работы вентиляции является главным критерием качества воздуха рабочей зоны.

4.4. Определение пространственных границ и динамики изменения зон повышенной температуры и концентрации загрязняющих веществ

Одной из интересных возможностей математического моделирования является возможность в динамике оценить расположение и размеры зон локального повышения температуры и концентрации загрязняющих веществ. На рисунке 4.55 представлены результаты расчета изоповерхности с температурой 30° для времени 200, 1200, 2400 и 3600 секунд с момента начала работы.

Математическое моделирование пространственных границ и динамики изменения зон повышенной температуры и концентрации загрязняющих веществ позволяет уже на этапе проектирования определять зоны с возможными превышениями показателей опасных и вредных производственных факторов, разрабатывать мероприятия по их снижению и оценивать эффективность предлагаемых мероприятий.

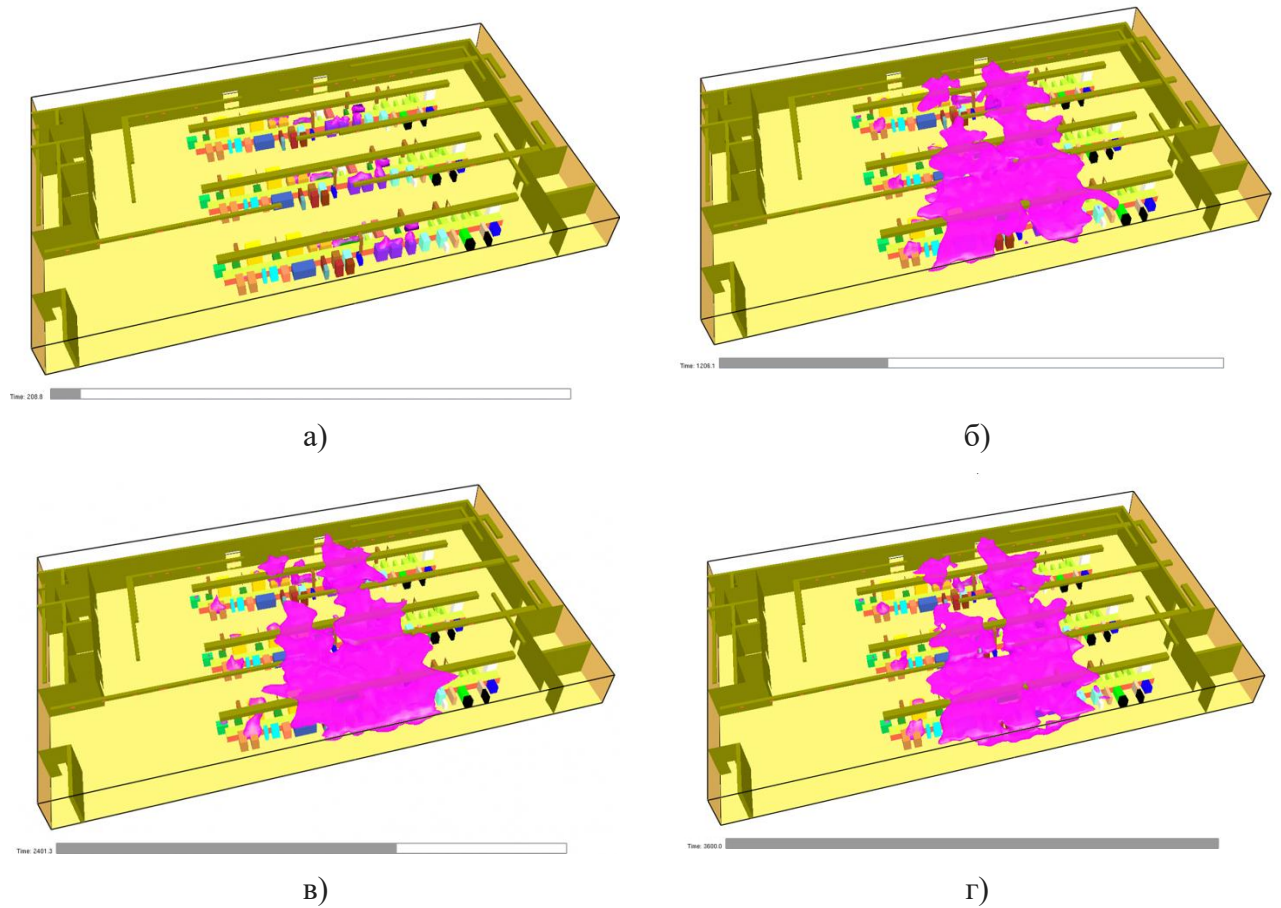


Рисунок 4.55 — Изоповерхность с температурой воздуха равной 30°C
 а) $\tau = 200$ с, б) $\tau = 1200$ с, в) $\tau = 2400$ с, г) $\tau = 3600$ с.

На рисунке 4.56 представлены результаты расчета изоповерхности с концентрацией этилацетата равной предельно допустимой (ПДК) $0,1 \text{ мг/м}^3$.

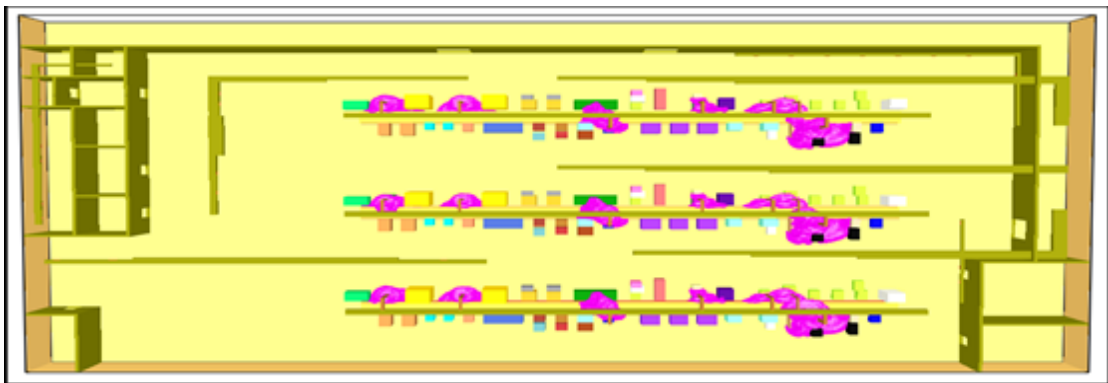


Рисунок 4.56 — Изоповерхность с концентрацией этилацетата равной предельно допустимой (ПДК)

4.5. Локальный средний «возраст» воздуха

Одним из относительно новых показателей оценки эффективности системы вентиляции служит локальный средний «возраст» воздуха [258], характеризующий средний срок пребывания воздуха в рассматриваемой зоне, в течение которого в нем накапливались загрязняющие вещества. Концепцию «возраста» воздуха (*age of air*) для изучения эффективности вентиляции впервые предложил Сандберг [259]. Она позволяет оценить не только эффективность системы общеобменной вентиляции, но и местной вентиляции во всех точках помещения. Сандберг и Шоберг [260] использовали термины «возраст» (*age*) и «время пребывания» (*residence time*). Возраст воздуха означает время, в течение которого приток свежего воздуха извне достигает определенной точки внутри помещения. Приток обычно достигает произвольной точки по различным путям; статистически среднее значение возраста воздуха определяется как локальный средний возраст (*local mean age, LMA*). Кроме того, воздух (с загрязнениями) также достигают выхода из помещения различными путями; среднее значение времени пребывания до выхода из назначенной точки определяется как локальное среднее время пребывания (*local mean residual lifetime, LMR*).

В настоящее время в ГОСТ [258] представлены только экспериментальные методы определения локального среднего «возраста» воздуха для замкнутых помещений с применением индикаторного газа: методика убывания содержания индикаторного газа, методика активного равномерного введения индикаторного газа и методика пассивного равномерного введения индикаторного газа.

К индикаторным газам предъявляют следующие требования:

обеспечивать возможность определения выбранных индикаторных газов при их низком содержании с помощью доступных средств измерений; должны быть нетоксичными и безопасными для здоровья при их содержании в воздухе в диапазоне, применяемом при исследовании; должны быть химически инертными, стабильными, не иметь запаха и вкуса; насколько возможно, не должны адсорбироваться на стенах помещения, мебели или других поверхностях; -должны

быть невоспламеняющимися и взрывобезопасными; не должны обычно присутствовать в воздухе замкнутого помещения или наружном атмосферном воздухе; должны присутствовать в атмосферном воздухе (при их наличии в нем) в количестве, значительно более низком, чем определяемое при анализе; должны быть легко транспортируемыми и легкими в обращении; должны обладать способностью легко смешиваться с воздухом; не должны оказывать неблагоприятного воздействия на окружающую среду; должны выпускаться серийно и быть недорогими.

На сегодняшний день отсутствуют методики по оценке и прогнозированию параметров качества воздушной среды, а именно определению локального среднего «возраста» воздуха в производственных помещениях, как одного из факторов, характеризующих эффективность функционирования системы вентиляции. Экспериментальные методы определения локального среднего «возраста» воздуха имеют недостаток, связанный с невозможностью его применения на этапе проектирования. На этом этапе целесообразно использовать методы математического моделирования. Для решения подобного рода задач широкое применение находят методы вычислительной гидродинамики (Computational Fluid Dynamics, CFD). На рисунке 4.57 представлены результаты моделирования динамики изменения среднего времени пребывания воздуха в конкретных точках помещения в различные моменты времени в рамках единого подхода к моделированию, используемого в данном исследовании.

Визуализация результатов расчетов, представленная на рисунке 4.57, позволяет наглядно определить места, в которых воздух внутри помещения находится длительное время, в течение которого в нем накапливаются загрязняющие вещества. При этом можно оценить время, в течение которого приток свежего воздуха извне достигает определенной точки внутри помещения, а также когда воздух (с загрязнениями) достигает выхода из помещения.

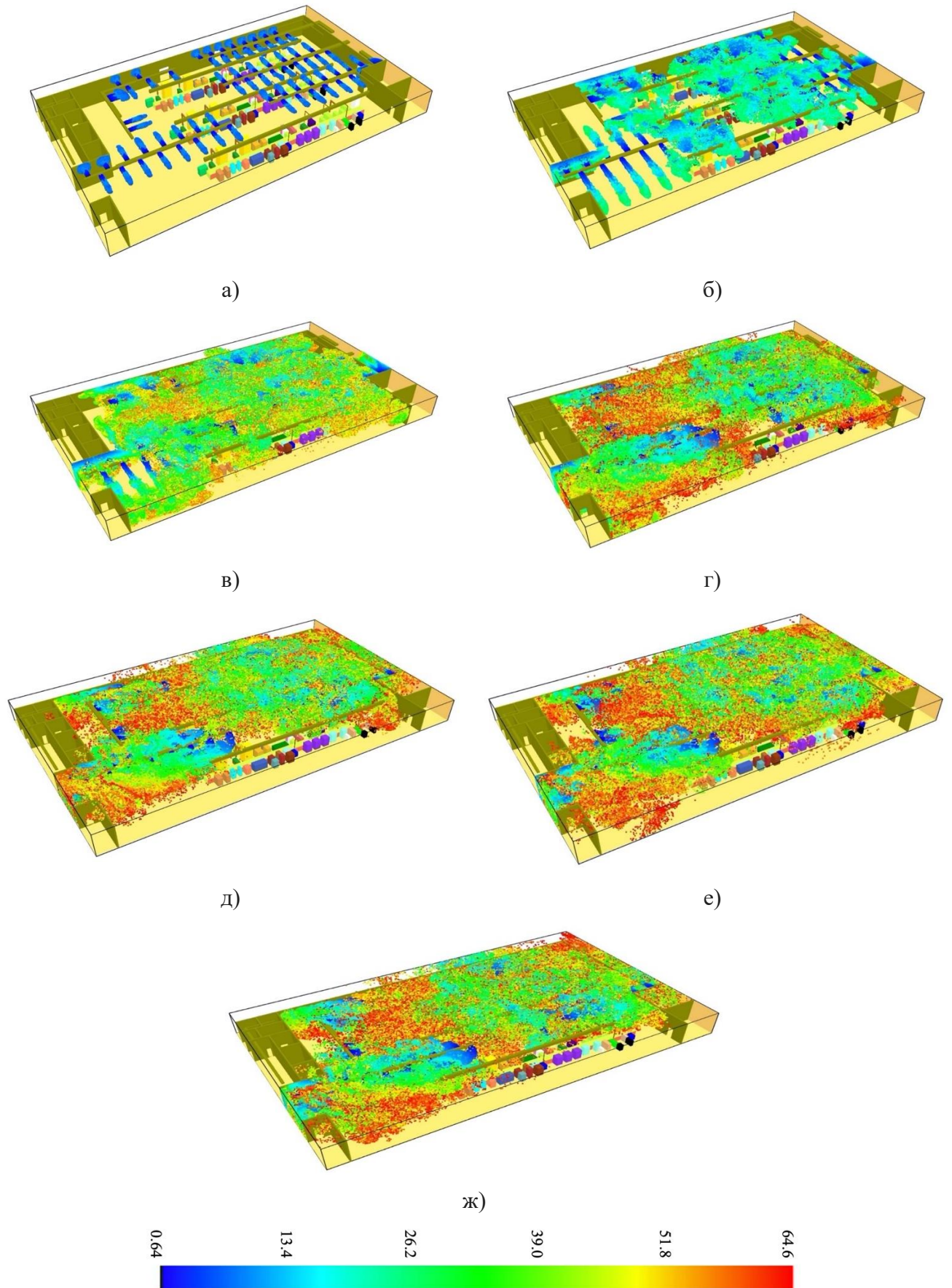


Рисунок 4.57 — Расчет локального среднего «возраста» воздуха, сек, на момент времени: а) 10 с; б) 30 с; в) 60 с; г) 120 с; д) 180 с; е) 240 с; ж) 300

4.6. Натурные замеры и проверка адекватности модели расчетов параметров микроклимата и качества воздушной среды производственных помещений обувных предприятий

Натурные исследования параметров микроклимата и качества воздушной среды производственных помещений проводились поэтапно на протяжении нескольких лет в цехах фабрики «Егорьевск обувь». Замеры осуществлялись в раскройно-вырубочном цехе и в цехе сборки обуви. Выбранные цеха характеризуются наличием широкого спектра технологического оборудования различной мощности и назначения, различным характером организации технологического процесса (отдельные рабочие места в раскройно-вырубочном цехе и конвейерные линии в цехе сборки обуви), технологическими операциями, связанными как с выделением тепла, так и с выделением загрязняющих веществ (твердых и газообразных), а также наличием общеобменной приточно-вытяжной системы вентиляции и местных отсосов, что серьезно влияет на условия труда на рабочих местах и значительно осложняет задачу обеспечения нормативных значений параметров микроклимата и качества воздушной среды.

Инструментальный контроль физических факторов производственной среды, характеризующих микроклимат на рабочих местах

В цехах исследованы физические факторы производственной среды [10], характеризующие микроклимат на рабочих местах в производственных помещениях, к которым относятся: температура воздуха; температура поверхностей ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), устройств, а также технологического оборудования или ограждающих его устройств; относительная влажность воздуха; скорость движения воздуха и интенсивность теплового облучения, а также химические факторы [10], к которым относятся концентрации загрязняющих веществ и запыленность в воздухе рабочей зоны.

Метрологические характеристики приборов для инструментального контроля параметров микроклимата должны соответствовать требованиям [261], приведенным в таблице 4.11.

Таблица 4.11 — Требования к измерительным приборам

Наименование показателя	Диапазон	Допускаемая погрешность
Температура воздуха по сухому термометру, °С	от –10 до 50	± 0,2
Температура поверхности, °С	от 0 до 50	± 0,5
Относительная влажность воздуха, %	от 3 до 90	± 5,0
Скорость движения воздуха, м/с	от 0 до 1,0	± 0,05
	более 1,0	± 0,1
Интенсивность теплового облучения, Вт/м ²	от 10 до 350	± 5,0
	более 350	± 50,0
Температура внутри шарового термометра (зачерненного шара), °С	от 10 до 70	± 0,5

При проведении натурных измерений использовались следующие приборы:

Термоанемометр Testo 405i (рисунок 4.58а.) предназначен для измерения скорости и температуры воздушного потока. Диапазон измерений температуры от –20 °С до 60 °С. Точность измерения температуры 0,5 °С. Максимальная измеряемая скорость 30 м/с. Точность измерения скорости 5%.

Измеритель микроклимата ЭкоТерма-1 (рисунок 4.58б) предназначен для измерения следующих параметров:

- Температура воздуха (Т)
- Температура воздуха в зачерненной сфере (Тш)
- Относительная влажность воздуха (φ) и её производные (абсолютная влажность, точка росы / точка льда, парциальное давление водяного пара (упругость), влагосодержание)
- Температура по влажному термометру (Твл)
- ТНС-индекс (ТНС)
- Давление воздуха (Р) — вспомогательный показатель для ориентировочных замеров.

Диапазон измерений температуры от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Пределы допускаемой погрешности в диапазоне температур от $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляют $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$; в остальном диапазоне температур $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Диапазон измерения относительной влажности 10–95%. Пределы допускаемой погрешности измерений относительной влажности в диапазоне от 20% до 80% составляют $\pm 2,0\%$; в остальном диапазоне $\pm 3,0\%$.

Тепловизор Testo 868 (рисунок 4.58в). Диапазон изменений от $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $650\text{ }^{\circ}\text{C}$.



а)



б)



в)

Рисунок 4.58 — Приборы для измерения параметров микроклимата:
а) Термоанемометр Testo 405i, б) Измеритель микроклимата ЭкоТерма - 1,
в) Тепловизор Testo 868

Замеры параметров микроклимата проводились в соответствии с [10] в контрольных точках, расположенных на высоте 0,1; 1,0 и 1,5 м от пола (рисунок 4.59)

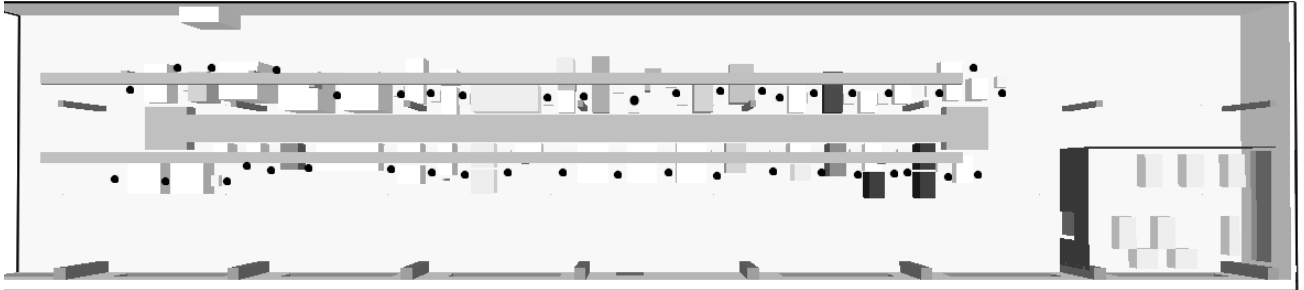


Рисунок 4.59 — Точки замера параметров микроклимата в цехе сборки обуви

Как видно из рисунка 4.59, замеры микроклиматических показателей проводились в производственном цехе сборки обуви и на отдельных рабочих местах.

Измерения параметров микроклимата на рабочем месте проводились согласно существующим нормативным требованиям [261].

1. Измерения показателей микроклимата в целях контроля их соответствия гигиеническим требованиям проводились в теплый период года — в дни, с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней максимальной температуры наиболее жаркого месяца не более чем на 5°C. Частота измерений определялась стабильностью производственного процесса, функционированием технологического и санитарно-технического оборудования.

2. При выборе участков и времени измерения учитывались факторы, влияющие на микроклимат рабочих мест (фазы технологического процесса, функционирование систем вентиляции и отопления). Измерения показателей микроклимата проводились не менее 3 раз в смену (в начале, середине и в конце).

3. При наличии источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыделения измерения проводились на каждом рабочем месте в точках, минимально и максимально удаленных от источников термического воздействия.

4. При работах, выполняемых сидя, температуру и скорость движения воздуха измеряли на высоте 0,1 и 1,0 м, а относительную влажность воздуха — на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки. При работах, выполняемых стоя, температуру и скорость движения воздуха измеряли на высоте 0,1 м и 1,5 м, а относительную влажность воздуха — на высоте 1,5 м.

5. По результатам исследования составлена таблица 4.13, в которой отражены результаты осредненных измерений микроклиматических показателей на рабочих местах в течение рабочей смены.

Проведенные исследования подтвердили соответствие метеорологических условий в цехе обувного предприятия «Егорьевск обувь», требованиям СанПиН [10]. В качестве объектов исследования выступали рабочие места на технологических потоках. В результате проведенных в теплый период года комплексных исследований 43 рабочих мест, использующих тридцать две единицы оборудования, получены следующие результаты. Среднее значение температуры воздуха в цехе составило $23,5^{\circ}\text{C}$, что соответствует оптимальному значению температуры в рабочей зоне производственных помещений, минимальная температура 20°C , максимальная температура воздуха 27°C в помещении для летнего периода. Подвижность воздуха составила $0,09\text{--}0,21$ м/с, а относительная влажность — $40\text{--}60\%$, т. е. входят в диапазон оптимальных значений.

Однако, по результатам проведенных замеров было установлено, что на отдельных операциях, относящихся к I категории тяжести работ, наблюдается превышение допустимых параметров по температуре воздуха на рабочих местах и температуре нагретых поверхностей.

Таблица 4.12 — Измерения параметров микроклимата на рабочих местах

Рабочее место	Температура, °С	Подвижность воздуха, м/с	Влажность, %	Средняя температура окружающих поверхностей, °С
1	24,4	0,15	52	21
2	24,6	0,13	54	21
3	26,3	0,1	58	28
4	24,6	0,1	55	24
5	24,1	0,1	53	22
6	24,1	0,09	53	19
7	24	0,09	50	21
8	26,7	0,09	48	38
9	26,6	0,09	47	38
10	24,1	0,1	49	20
11	24,2	0,1	52	21
12	24,2	0,1	53	20
13	24,2	0,08	56	21
14	24,3	0,09	55	23
15	24,8	0,1	54	25
16	24,3	0,1	56	23
17	24,3	0,1	57	22
18	24,7	0,16	59	24
19	24,3	0,2	56	23
20	24,2	0,17	54	22
21	24,3	0,2	53	23
22	24,2	0,18	52	22
23	24,7	0,2	51	24
24	24,2	0,18	52	23
25	24,2	0,17	51	21
26	24,4	0,15	51	24
27	24,3	0,14	48	23
28	28,7	0,14	45	40
29	28,6	0,18	45	40
30	24,3	0,14	49	24
31	24,8	0,12	52	24
32	24,9	0,11	53	25
33	24,7	0,1	52	24
34	24,3	0,13	52	22
35	24,3	0,14	53	23
36	24,4	0,13	54	22
37	24,8	0,12	53	24
38	24,8	0,14	52	24
39	24,3	0,17	50	21
40	26,1	0,3	43	26
41	24,4	0,2	45	22
42	24,5	0,15	49	23
43	24,4	0,2	50	23

По данным замеров выявлены наибольшие тепловыделения на рабочих операциях: активация подноски, активация пяточной части заготовки верха, активация клеевых пленок на подошве, операция оглаживания заготовок верха обуви горячим воздухом. При выполнении технологических операций на рабочих местах использовалось следующее оборудование: термостат-увлажнитель для активации клеевых пленок ТУВ-О, машины для оглаживания затянутых заготовок верха горячим воздухом 04354/P1, термоактиватор ELETTROTECHICA 133OP(OPANCA) предназначенный для активации клеевой плёнки на подошвах и затяжной кромке. Тепловыделения от вышеперечисленного оборудования оказывают наибольшее влияние на параметры микроклимата.

Анализ результатов замеров параметров микроклимата показал, что микроклиматические показатели на рабочих местах в выбранном производственном цехе существенно различаются на рабочих местах (таблица 4.13). По результатам измерений представлена картина микроклиматических показателей на рабочих местах, получены исходные данные для описания процесса теплообмена, определено рабочее место, где происходят наибольшие тепловыделения – это операция активация клеевой пленки.

На рабочих местах операции активации клеевой пленки и прикрепления подошвы проведены натурные измерения температуры. Данные представлены в виде таблицы 4.14.

Таблица 4.13 — Измерение температуры (°C) на рабочем месте операции активации клеевой пленки

Высота замера от пола, м	Время, ч							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0,2	22,4	23,1	23,8	24	23,8	24,4	24,5	24,5
1	24,3	25,8	26,4	26,9	26,2	27,3	27,4	27,4
1,7	26,5	28,1	29,6	30,2	30	30,5	31,5	31,4

В результате равноточных измерений получено n значений температуры в различных точках высоты от пола на рабочем месте. Определены показатели:

Среднее значение..... 26,7°C

Максимальная температура..... 31,5°C

Минимальная температура..... 22,4°C

Для определения значения n , в каждой точке было проведено по три измерения, средний показатель для определенного временного промежутка представлен в таблице 4.14. В качестве примера, на втором часу работы рабочего места операции активации клеевой пленки, на высоте 1 м от пола значения измерений составили (таблица 4.14).

Таблица 4.14 — Пример измерения в заданной точке

Высота замера от пола, м	Количество измерений		
	1	2	3
1	25,7	25,8	25,8

Инструментальный контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Инструментальный контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводился портативной мини-экспресс лабораторией «Пчелка-Р», в состав которой входили индикаторные трубки производства ЗАО «Крисмас+» (свидетельство о поверке № 242/4596-2012) в комплекте с насосом-пробоотборником НП-3М (рисунок 4.60), выпускаемым в соответствии с КРМФ.418311.002 ТУ.

Насос-пробоотборник НП-3М внесен в Государственный реестр средств измерений под № 181667–99, допущен к применению в Российской Федерации и странах СНГ. Насос НП-3М входит в состав газоопределителей типа ГХК различных модификаций и комплектов на основе индикаторных трубок серии «Пчелка», применяется совместно с зондом типа ЗП-ГХК при анализах индикаторными трубками в труднодоступных местах.

Основные технические характеристики насоса:

- 2 фиксированных положения штока, соответствующих количеству прокачиваемой газовой смеси за один ход поршня 50 см³ и 100 см³, с погрешностью не более 5%;
- габаритные размеры: длина 185 мм, диаметр 42 мм;
- масса – не более 0,38 кг.

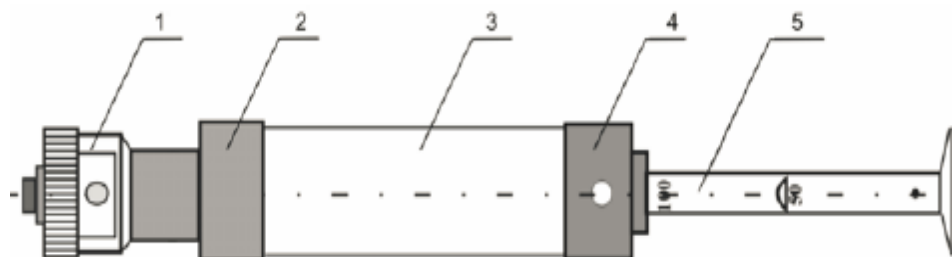


Рисунок 4.60 — Устройство насоса-пробоотборника НП-3М, где: 1 – насадка, 2 – переходная втулка, 3 – цилиндр, 4 – крышка, 5 – шток.

Мини-экспресс лаборатория «Пчелка-Р» занимает одно из ведущих мест среди средств измерений, широко используемых на практике службами МЧС России, а также станциями наблюдения и лабораторного контроля Всероссийского центра наблюдений и лабораторного контроля.

1. Концентрацию вредных веществ в воздухе и газовых средах измеряют при метеорологических параметрах среды [262, 263]. Метеорологические характеристики паровоздушной смеси контролируют на входе индикаторной трубки в соответствии с таблицей 4.15.

Таблица 4.15 — Условия эксплуатации колористических индикаторных трубок

Метеорологические характеристики окружающей среды	Условия эксплуатации	
	нормальные	рабочие
Температура, °С	15–35	10–50
Относительная влажность, %	50–80	30–95
Барометрическое давление, кПа	86–106,7	90,6–104

С целью определения соответствия качества воздуха рабочей зоны в цехах обувных предприятий требованиям санитарно-гигиенических нормативов [10], на рабочих местах цеха сборки обуви по выполнению клеевых операций проведены замеры концентраций ацетона и этилацетата [264]. Полученные данные представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 — Результаты инструментального контроля концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Операция технологического процесса сборки обуви	Концентрации вредных веществ, мг/м ³			Ср. знач.
	Пробы воздуха			
	1	2	3	
Этилацетат				
Вклеивание задника	58	64	58	60
Намазка затяжной кромки заготовки верха обуви и стелек клеем	34	24	32	30
Дублирование стельки	23	22	24	23
Ретуширование верха обуви	39	32	34	35
Ацетон				
1-ая намазка подошвы	44	63	52	53
2-ая намазка подошвы	25	27	24	25
Ручная отделка обуви	22	14	16	17

Полученные данные концентраций ацетона и этилацетата (таблица 4.16.) в соответствии с техническими условиями необходимо привести к нормальным условиям (температуре 20°С и атмосферному давлению 760 мм. рт. ст.) по формулам (4.2) и (4.3). Результаты проведенных расчетов представлены в таблице 4.18.

$$C_{\text{привед}} = \bar{C} \cdot K, \quad (4.2)$$

где: $C_{\text{привед}}$ – концентрация вещества при температуре 20 °С и атмосферном давлении 760 мм. рт. ст., мг/м³;

\bar{C} – среднее значение измеренной концентрации, мг/м³;

K – коэффициент, зависящий от рабочих условий.

$$K = \frac{(273 + t) \cdot 760}{293 \cdot P}, \quad (4.3)$$

где t – температура газа в момент определения, °С; P – атмосферное давление в момент определения, мм. рт. ст.

Для удобства и уменьшения числа расчетов для определения коэффициента K можно пользоваться таблицей 4.17.

Таблица 4.17 — Данные для расчета значения поправочного коэффициента K

Давление, мм. рт. ст. \ Температура, °С	15	20	25	30	35
630	1,19	1,21	1,23	1,25	1,27
650	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23
680	1,10	1,12	1,14	1,16	1,17
700	1,07	1,09	1,10	1,12	1,14
720	1,04	1,06	1,07	1,09	1,11
740	1,01	1,03	1,04	1,06	1,08
760	0,98	1,00	1,02	1,03	1,05
780	0,96	0,97	0,99	1,01	1,02
800	0,93	0,95	0,97	0,98	1,00

Таблица 4.18 — Концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведенные к нормальным условиям

Операция технологического процесса сборки обуви	Концентрации вредных веществ, мг/м ³			
	Пробы воздуха			Ср. знач.
	1	2	3	
Этилацетат				
Вклеивание задника	59,28	66,56	61,36	62,40
Намазка затяжной кромки заготовки верха обуви и стелек клеем	35,36	24,96	33,28	31,20
Дублирование стельки	23,92	22,88	24,96	23,92
Ретуширование верха обуви	40,56	33,28	35,36	36,40
Ацетон				
1-ая намазка подошвы	45,76	65,52	54,08	55,12
2-ая намазка подошвы	26,00	28,08	24,96	26,00
Ручная отделка обуви	22,88	14,56	16,64	17,68

Инструментальный контроль запылённости воздуха

Инструментальный контроль запылённости воздуха проводился оптическим методом с использованием анализатора пыли «Атмас», Госреестр СИ №61362-15 (рисунок 4.61);



Рисунок 4.61 — Анализатор пыли «Атмас».

Основные технические характеристики Анализатора пыли «Атмас»:

- Диапазон измерения массовой концентрации пыли: $0,1 \div 150 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$
- Предел допускаемой относительной погрешности в поддиапазоне от 0,1 до $20 \text{ мг}/\text{м}^3$: $\pm 0,01 \text{ мг}/\text{м}^3$
- Номинальный объемный расход пробы: $1,0 \pm 0,05 \text{ л}/\text{мин}$
- Время установления рабочего режима: 1 мин
- Диапазон индикации температуры: $0 \div 50 \text{ }^\circ\text{C}$
- Диапазон индикации относительной влажности воздуха: $10 \div 95$.

Методика забора проб согласно ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к

воздуху рабочей зоны» подразумевает замеры параметров микроклимата на трёх высотах (0,1 м; 1,0 м и 1,5 м от пола) в контрольных точках, определяемых площадью помещения. Для раскройно-вырубочного цеха, площадью 1224 м² (учтено только помещение, ограждённое внутренними перегородками 34x36 м), таких участков измерения должно быть не менее 9, с расстоянием между каждой не более 10 м. Точки забора проб воздуха представлены на рисунке 4.62, результаты инструментального контроля концентраций пыли в воздухе рабочей зоны представлены в таблице 4.19.

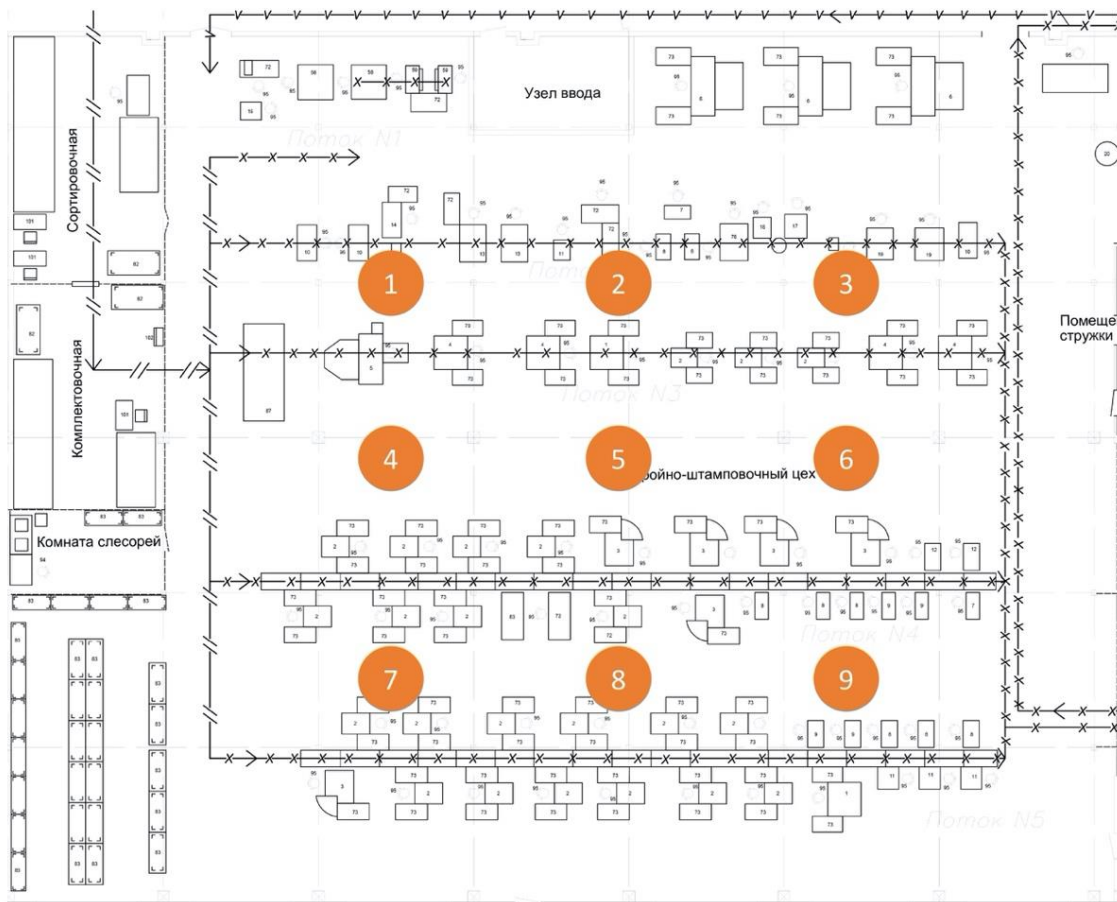


Рисунок 4.62 — Точки забора проб воздуха на запылённость, влажность и скорость движения воздуха в раскройно-вырубочном цехе АО «Егорьевск-обувь»

Таблица 4.19 — Данные инструментального контроля массовых концентраций пылевывделений в раскройно-вырубочном цехе АО «Егорьевск-обувь».

Участок измерения параметров		Концентрация пыли, мг/м ³				Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °С
		Проба 1	Проба 2	Проба 3	Среднее значение		
1.Раскрой войлока	0,1 м	0,06	0,08	0,07	0,07	0,03	24,6
	1 м	0,06	0,08	0,06	0,06	0,03	25,4
	1,5 м	0,07	0,07	0,06	0,07	0,02	25,4
2.Раскрой текстильных материалов	0,1 м	0,03	0,04	0,03	0,04	0,02	25,6
	1 м	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	25,6
	1,5 м	0,05	0,04	0,03	0,04	0,08	25,7
3.Раскрой текстильных материалов, гетинакса, картона	0,1 м	0,02	0,05	0,03	0,03	0,03	26,8
	1 м	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	26,9
	1,5 м	0,03	0,05	0,04	0,04	0,04	26,9
4. Раскрой кож	0,1 м	0,06	0,06	0,07	0,07	0,00	25,7
	1 м	0,06	0,03	0,06	0,05	0,02	25,7
	1,5 м	0,05	0,06	0,05	0,05	0,01	25,7
5. Раскрой кож	0,1 м	0,03	0,04	0,04	0,04	0,02	26,3
	1 м	0,04	0,05	0,04	0,04	0,02	26,3
	1,5 м	0,04	0,03	0,04	0,04	0,02	26,4
6. Раскрой кож	0,1 м	0,06	0,08	0,06	0,06	0,02	25,2
	1 м	0,06	0,06	0,08	0,06	0,02	25,5
	1,5 м	0,06	0,06	0,06	0,06	0,02	25,5
7. Раскрой кож	0,1 м	0,06	0,07	0,06	0,06	0,03	26,7
	1 м	0,03	0,03	0,05	0,04	0,05	26,2
	1,5 м	0,08	0,06	0,05	0,06	0,06	26,2
8. Раскрой кож	0,1 м	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	25,9
	1 м	0,05	0,05	0,04	0,05	0,03	26,1
	1,5 м	0,03	0,05	0,05	0,05	0,06	26,0
9. Раскрой кож	0,1 м	0,01	0,01	0,03	0,02	0,05	25,6
	1 м	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	25,6
	1,5 м	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	25,8

Оценка погрешности инструментальных измерений параметров микроклимата и качества воздушной среды

При проведении экспериментальных исследований большое значение имеет надежность полученных результатов, которая оценивается погрешностью полученных величин результатов измерений.

При анализе измерений следует различать два понятия: истинные значения физических величин и результаты их измерений, т. е. их эмпирические проявления, расхождение между которыми представляет погрешность измерений.

Результаты измерений представляют собой приближенные оценки значений величин, найденных путем измерения, они зависят от многих факторов, в том числе от: метода измерения, технических средств, с помощью которых проводятся измерения, свойств органов чувств наблюдателя, осуществляющего измерения.

В общем случае методы измерения физических величин подразделяются на прямые и косвенные.

В прямых измерениях физическая величина измеряется непосредственно, при косвенных измерениях искомая величина не измеряется, а вычисляется по результатам прямых измерений других величин. При этом погрешности измерений делятся на два типа: случайные и систематические.

В процессе измерения оба вида погрешностей проявляются одновременно, и погрешность измерения можно представить в виде их суммы.

На рисунке 4.63 приведена классификация погрешностей при прямых измерениях.

Как видно из рисунка 4.63, случайные погрешности подразделяются на приборные, погрешности разброса, грубые ошибки и промахи. При этом грубые ошибки и промахи из расчетов и анализа результатов измерений исключаются.

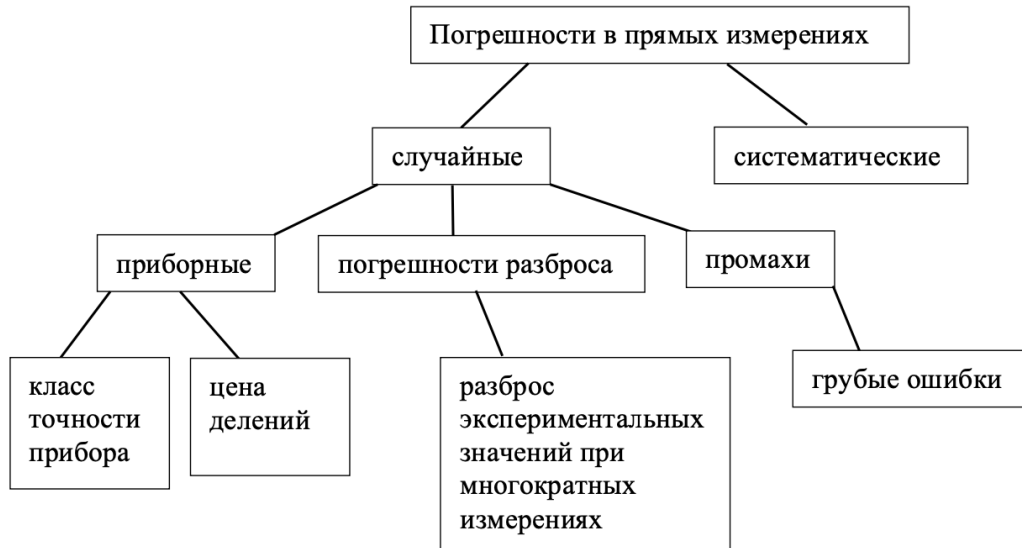


Рисунок 4.63 — Классификация погрешностей прямых измерений.

В свою очередь приборные погрешности определяются классом точности прибора или ценой деления его измерительной шкалы. При оценке величины случайной погрешности измерения в качестве искомой принимается ее максимальное значение из величин погрешности, определяемых классом точности прибора, ценой деления его измерительной шкалы и значением погрешности разброса

Случайные погрешности разброса возникают вследствие различия экспериментальных значений при многократном повторении измерений одной и той же величины. Эти ошибки рассчитываются вероятностными методами, которые хорошо разработаны и используются повсеместно [265].

В соответствии с [266] необходимо рассчитать погрешность проведенного инструментального контроля.

Оценку измеряемой величины \bar{x} , за которую принимают среднее арифметическое значение исправленных результатов измерений, вычисляют по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (4.4)$$

где: n – количество измерений; x_i – i результат измерений.

Среднее квадратическое отклонение S группы, содержащей n результатов измерений, вычисляют по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}}. \quad (4.5)$$

Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (оценки измеряемой величины) $S_{\bar{x}}$ вычисляют по формуле

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}. \quad (4.6)$$

Относительное среднеквадратическое отклонение результата измерения $\bar{\sigma}_{\bar{x}}$:

$$\bar{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n} \cdot \bar{x}}. \quad (4.7)$$

Для определения доверительных границ погрешности результата измерения доверительную вероятность P принимают равной 0,95% [265].

Погрешность однократных измерений определяется по паспорту прибора:

Температура воздуха по сухому термометру, °С	± 0,2
Температура поверхности, °С	± 0,2
Относительная влажность воздуха, %	± 2,0
Скорость движения воздуха, %	± 5,0
Температура внутри шарового термометра (зачерненного шара), °С	± 0,2
Измерение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, %	± 25%
Измерение запыленности воздуха, мг/м ³	± 0,01

Доверительные границы ε (без учета знака) случайной погрешности оценки измеряемой величины вычисляют по формуле

$$\varepsilon = t_{\text{ст}} \cdot S_{\bar{x}}. \quad (4.8)$$

где: $t_{\text{ст}}$ — коэффициент Стьюдента, который в зависимости от доверительной вероятности P и числа измерений n находят в соответствии с [265].

Неисключенная систематическая погрешность (НСП) результатов измерений Θ образуется из составляющих, в качестве которых могут быть неисключенные систематические погрешности методов и приборов измерения.

Границы суммы неисключенных систематических погрешностей измерения рассчитывают с использованием данных оценки всех ее составляющих по формуле

$$\Theta_{\Sigma}(P) = \pm k \sqrt{\sum_{i=1}^m \Theta_i^2}, \quad (4.9)$$

где: k – коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью (если $P = 0,95$, то $k = 1,1$ [265]), m — число составляющих НСП.

В случае расчета погрешности измерений концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны граница погрешности результатов измерения Δ определяется в зависимости от соотношения неисключенной систематической ошибки и оценки среднего квадратического отклонения результатов измерения [266]. Так, если $\frac{\Theta}{S} < 0,8$, то неисключенными систематическими погрешностями по сравнению со случайными пренебрегают и принимают, что $\Delta = \varepsilon$. Если же $\frac{\Theta}{S} > 8$, то то случайной погрешностью по сравнению с систематическими пренебрегают и принимают, что граница погрешности результата $\Delta = \Theta$ [265].

Если $0,8 < \frac{\Theta}{S} < 8$, то границу погрешности результатов измерения находят путем построения композиций распределения случайных и неисключенных систематических погрешностей, рассматриваемых как случайные величины.

Для остальных случаев границы погрешности оценки измеряемой величины Δ (без учета знака) вычисляют по формуле:

$$\Delta = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (4.10)$$

где K — коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей; S_{Σ} — суммарное среднее квадратическое отклонение оценки измеряемой величины.

Суммарное среднее квадратическое отклонение S_{Σ} оценки измеряемой величины вычисляют по формуле:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_{\bar{x}}^2} \quad (4.11)$$

где S_{Θ} — среднее квадратическое отклонение НСП, которое оценивают в зависимости от способа вычисления НСП по формуле

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_{\Sigma}(P)}{k\sqrt{3}} \quad (4.12)$$

где $\Theta_{\Sigma}(P)$ — доверительные границы НСП, которые определяют по формуле (4.9)

Коэффициент K для подстановки в формулу (4.10) определяют по эмпирической формуле

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta_{\Sigma}(P)}{S_{\bar{x}} + S_{\Theta}} \quad (4.13)$$

Результаты измерений и расчета погрешностей оформляются в соответствии [265] с и представляется в следующем виде:

$$\bar{x} \pm \Delta, P, \quad (4.14)$$

\bar{x} — оценка измеряемой величины;

Δ — граница погрешности оценки измеряемой величины;

P — доверительная вероятность, %.

Используя описанную выше методику, проведены расчеты результирующих погрешностей экспериментального определения параметров микроклимата, концентрации вредных веществ и запыленности воздуха рабочей зоны:

– результаты статистической обработки экспериментальных данных и результаты инструментального контроля содержания вредных веществ с учетом рассчитанных погрешностей и доверительной вероятностью $P = 95\%$ представлены в таблицах 4.20 и 4.21 соответственно;

– погрешность измерения температуры составила 1%;

– погрешность измерения скорости воздуха составила 5%;

– погрешность измерения относительной влажности воздуха составила 2%;

– погрешность измерения массовых концентраций пыли составила 10%;

значения относительного стандартного отклонения для участков инструментального измерения запыленности воздуха рабочей зоны представлены в таблице 0.

Таблица 4.20 — Результаты статистической обработки экспериментальных данных

Операция технологического процесса сборки обуви	Погрешность измерений					
	\bar{x}	S	$\bar{\sigma}_{\bar{x}}, \%$	$\varepsilon, \%$	$\Theta_{\Sigma}, \%$	$\Delta, \%$
Этилацетат						
Вклеивание задника	62,40	2,16	1,9	6,87	28,5	28,5
Намазка затяжной кромки заготовки верха обуви и стелек клеем	31,20	3,2	5,8	10,13	29,6	29,6
Дублирование стельки	23,92	0,6	1,5	1,92	25,07	25,07
Ретуширование верха обуви	36,40	2,2	3,5	7,00	28,55	28,55
Ацетон						
1-ая намазка подошва	55,12	5,7	5,9	18,13	33,9	17,06
2-ая намазка подошва	26,00	1,3	2,9	4,14	27,8	27,81
Ручная отделка обуви	17,68	2,5	8,2	7,9	26,2	26,22

Таблица 4.21 — Результаты инструментального контроля с учетом рассчитанных погрешностей и доверительной вероятностью $P = 95\%$

Операция технологического процесса сборки обуви	Концентрация вредного вещества, мг/м ³
Этилацетат	
Вклеивание задника	62,40 ± 17,78
Намазка затяжной кромки заготовки верха обуви и стелек клеем	31,20 ± 9,24
Дублирование стельки	23,92 ± 5,99
Ретуширование верха обуви	36,40 ± 10,39
Ацетон	
1-ая намазка подошвы	55,12 ± 9,40
2-ая намазка подошвы	26,00 ± 7,23
Ручная отделка обуви	17,68 ± 4,64

Таблица 4.22 — Значения относительного стандартного отклонения для участков инструментального измерения запыленности воздуха рабочей зоны.

Участок измерения	1 (0,1 м)	2 (1,5 м)	3 (1 м)	4 (1,5 м)	5 (1 м)	6 (1,5 м)	7 (1 м)	8 (1 м)	9 (0,1 м)
Значение относительного стандартного отклонения	0,45	0,79	0,23	0,14	0,17	0	0,30	0,14	0,61

Данные инструментального контроля демонстрируют хорошую согласованность с результатами расчетов, что свидетельствует об адекватности разработанной математической модели.

4.7. Результаты моделирования объектов других отраслей промышленности

Моделирование параметров микроклимата и качества воздуха рабочей зоны, проведенные для производственных цехов обувных предприятий, а также сравнение с результатами натуральных измерений показали хорошее совпадение и подтвердили возможность использования предложенных подходов к оценке и прогнозированию воздействия технологических процессов на производственный персонал обувных предприятий.

Однако, необходимо отметить, что традиционные архитектурно-планировочные решения производственных цехов обувных предприятий, как и предприятий некоторых отраслей легкой и текстильной промышленности, например швейных предприятий, представляют собой, как правило, одноуровневые помещения с размещенным в них технологическим оборудованием и инженерными системами.

Для оценки применимости разработанных подходов к оценке и моделированию параметров воздуха рабочей зоны проведено исследование предприятий других отраслей промышленности, имеющих отличные от рассмотренных ранее планировочные решения цехов.

В качестве одного из таких объектов выбран цех по производству пищевых фосфатов предприятия химической промышленности. Характерной особенностью цеха является многоуровневое размещение оборудования.

Цех по производству пищевых фосфатов расположен в производственном корпусе размером 84 на 18 метров и высотой 22 метра. Технологическое оборудование и рабочие места расположены на четырех уровнях, различающихся по высоте. Модель цеха представлена на рисунке 4.64.

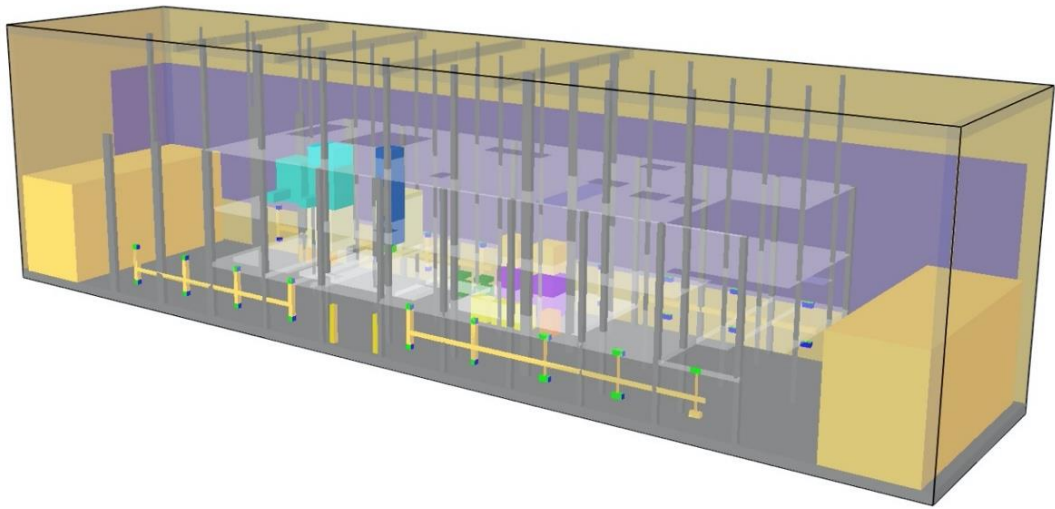


Рисунок 4.64 — Модель цеха по производству пищевых фосфатов

Исходными параметрами для моделирования приняты тепlopоступления от технологического оборудования, нагретых поверхностей оборудования, обслуживающего персонала, искусственного освещения, солнечной радиации через стеклянные окна и покрытия, а также тепlopотери за счет взаимодействия с окружающей средой (в зимнее время года), и параметры общеобменной приточно-вытяжной системы вентиляции. Система общеобменной вентиляции состоит из четырех приточных систем П1, П2, П3, П4 и вытяжной системы, выполненной в виде крышных вентиляторов общим количеством семь штук.

В результате проведенных расчетов была исследована динамика изменения полей температуры и подвижности воздуха.

Результаты температурных расчётов представлены на рисунках 4.65–4.68.

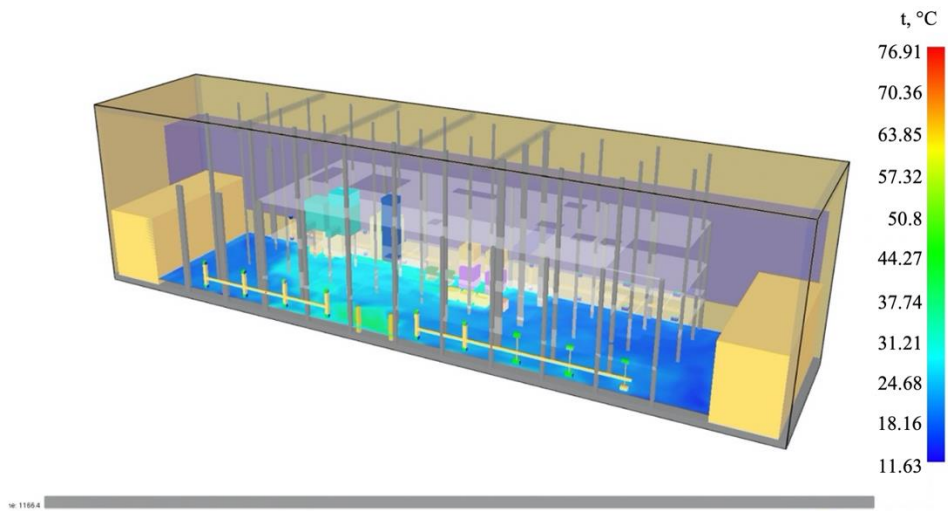


Рисунок 4.65 — Изменение поля температур на отметке 1

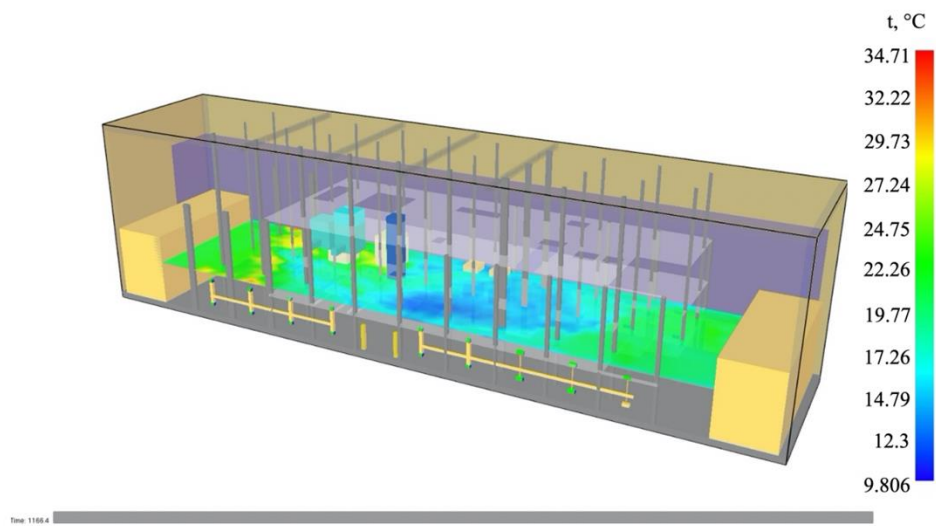


Рисунок 4.66 — Изменение поля температур на отметке 2

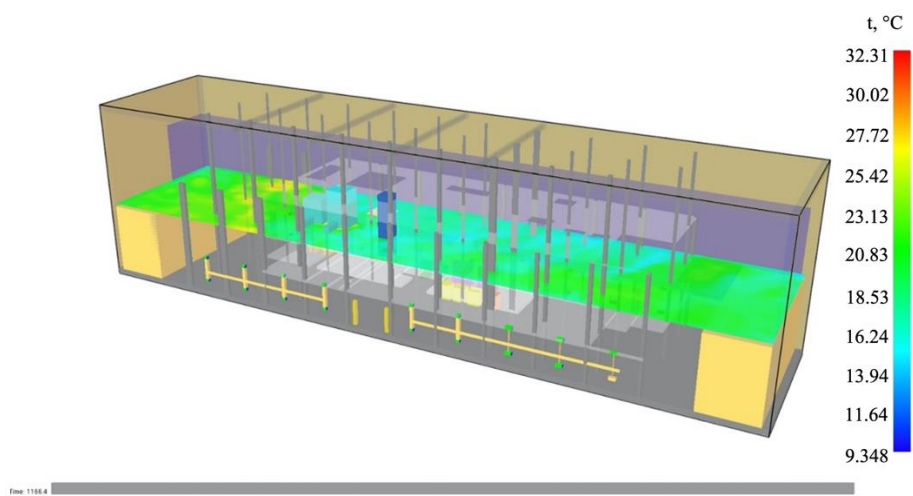


Рисунок 4.67 — Изменение поля температур на отметке 3

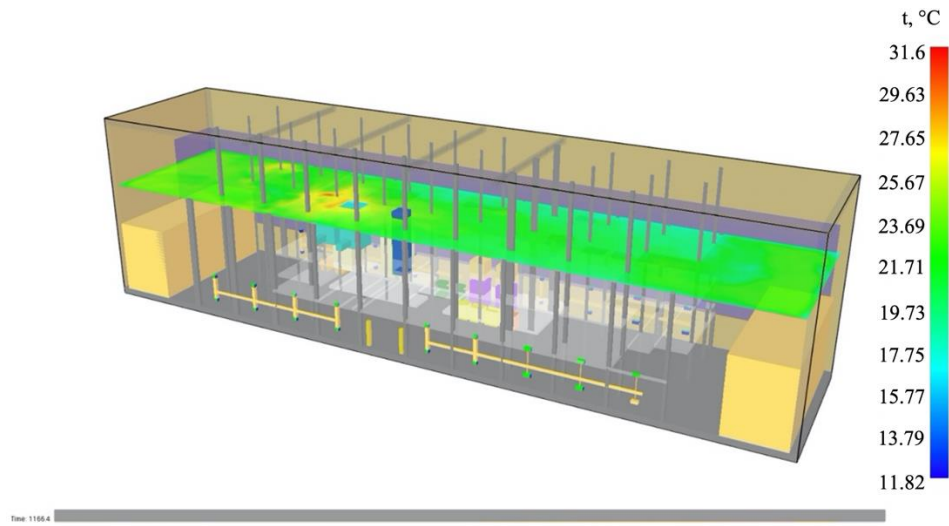


Рисунок 4.68 — Изменение поля температур на отметке 4

Расчеты показали, что температура на рабочих местах цеха на всех отметках находится в пределах нормы 20–22 °C и соответствует результатам производственного контроля.

На рисунках 4.69–4.72 представлены результаты расчётов подвижности воздуха.

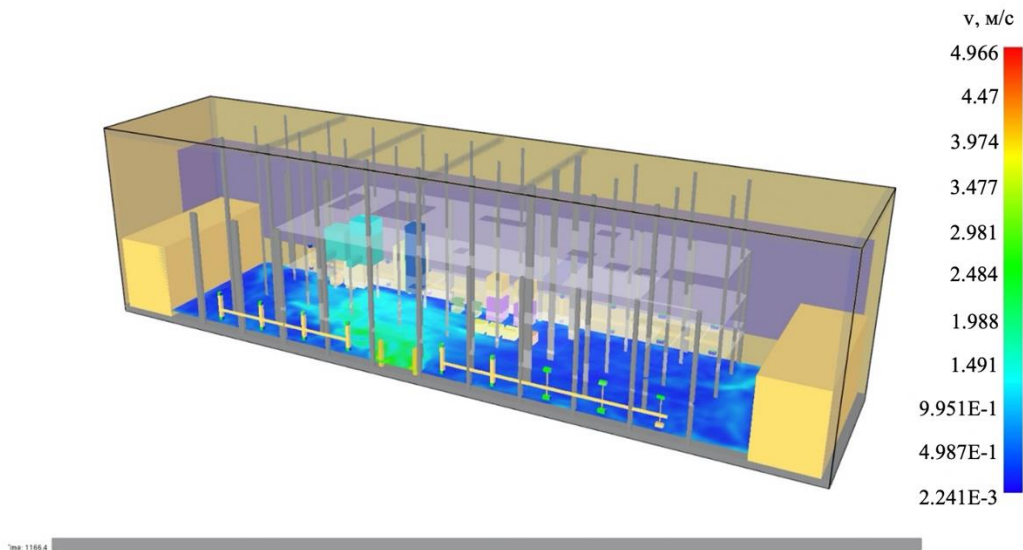


Рисунок 4.69 — Поле скоростей воздуха на отметке 1

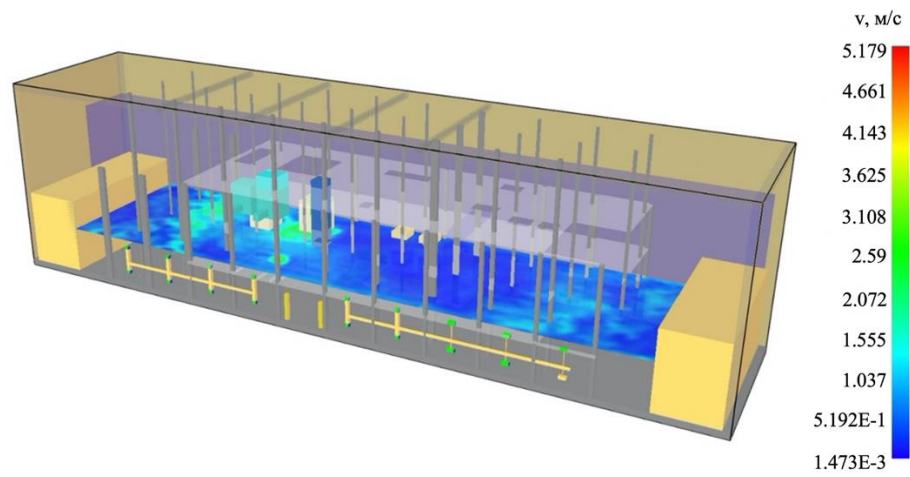


Рисунок 4.70 — Поле скоростей воздуха на отметке 2

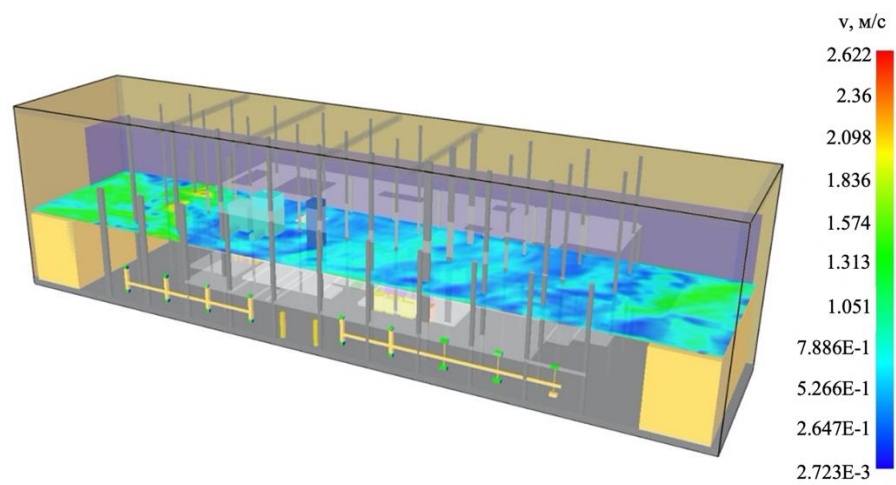


Рисунок 4.71 — Поле скоростей воздуха на отметке 3

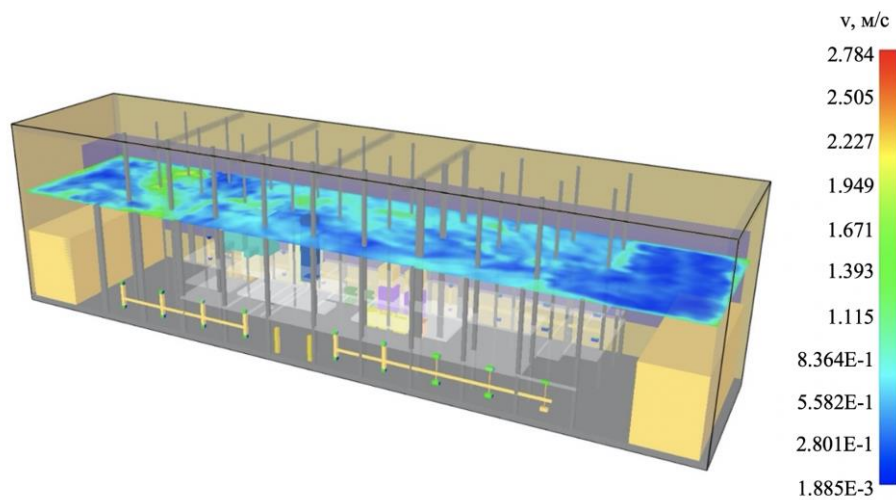


Рисунок 4.72 — Поле скоростей воздуха на отметке 4

Расчетные параметры скорости воздушных потоков на рабочих местах цеха всех отметках находится в пределах нормы, за исключением зоны выгрузки у ворот на 1 уровне.

Разработанная модель позволила изучить условия вертикального тепло- и массопереноса в помещении с многоуровневой организацией технологических процессов. Результаты моделирования вертикальной динамики полей скорости и температуры представлены на рисунках 4.73, 4.74.

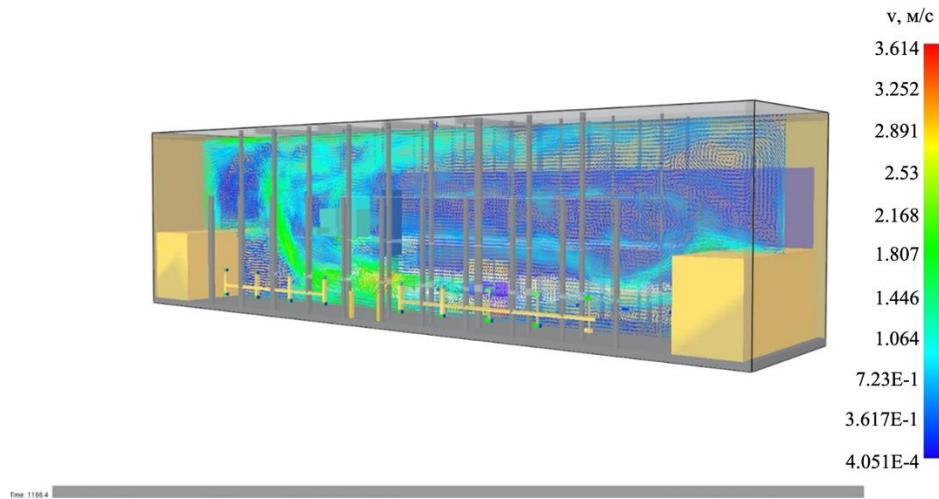


Рисунок 4.73 — Векторное поле скоростей воздуха (вертикальный разрез)

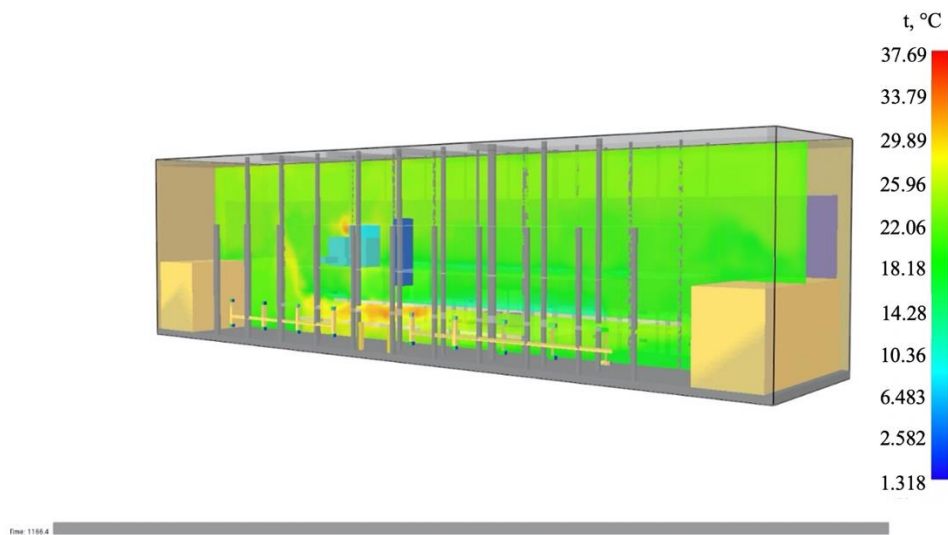


Рисунок 4.74 — Поле температуры воздуха (вертикальный разрез)

В результате расчетов показано, что в зимнее время года в районе выгрузки у ворот на 1 уровне возможно возникновение низких температур. Для решения этой проблемы предложена установка воздушная завеса и проведено ее моделирование.

Анализ результатов расчетов модели показал, что завеса создает дополнительное тепло, которое позволяет нормализовать температуру в зоне выгрузки.

В качестве другого объекта для апробации методики выбрано помещение физико-химической лаборатории контроля качества общей площадью 157,2 м².

В помещении лаборатории контролируются температура и влажность воздуха. Климатические условия в лаборатории: в теплый и холодный периоды года температура в помещениях лаборатории: 19–23 °С, влажность воздуха: 40–60%. Лаборатория состоит из пяти отдельных помещений, расположенных на одном этаже и соединенных между собой (рисунок 4.75).

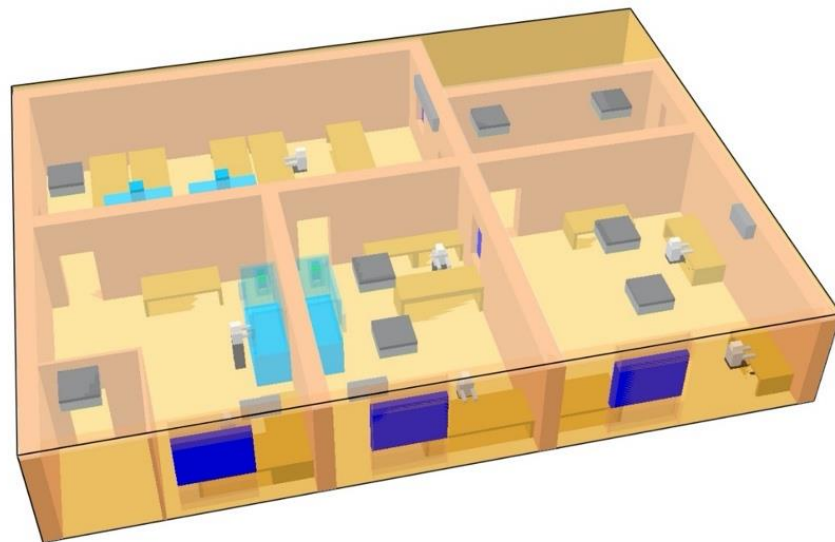


Рисунок 4.75 — Модель химической лаборатории

Помещения оборудованы системами вентиляции и кондиционирования воздуха, лабораторными и письменными столами, а также вытяжными шкафами (рисунок 4.76).

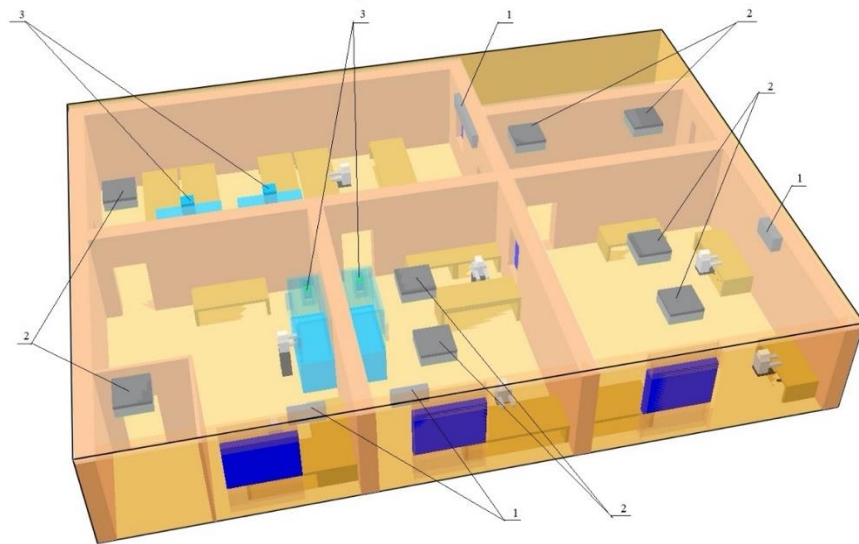


Рисунок 4.76 — Схема размещения систем вентиляции и кондиционирования химической лаборатории: 1 – кондиционеры, 2 – потолочные вытяжные вентиляторы, 3 – вытяжные шкафы

По результатам проведенных расчетов исследована динамика изменения полей температуры и подвижности воздуха.

Результаты температурных расчётов на отметках 0,1 м, 1,0 м и 1,5 м от уровня пола представлены на рисунках 4.77–4.79.

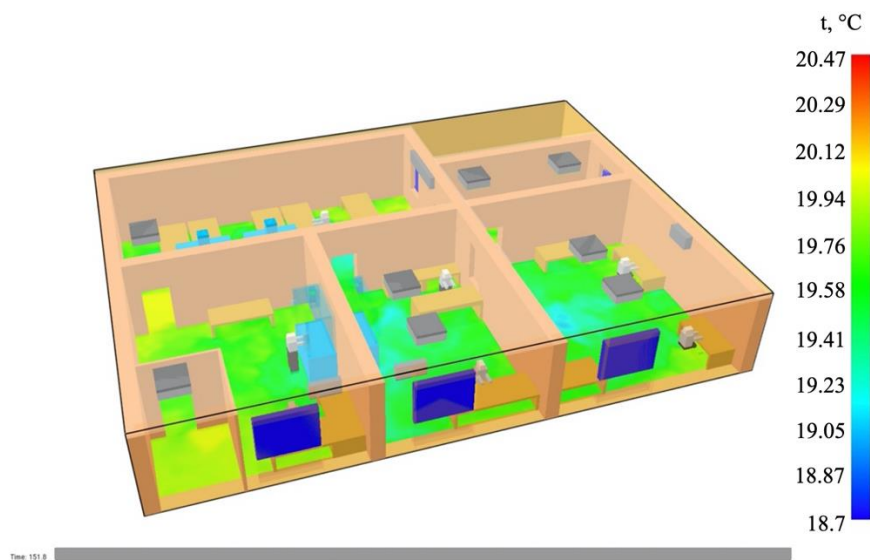


Рисунок 4.77 — Изменение поля температур на отметке 0,1 м

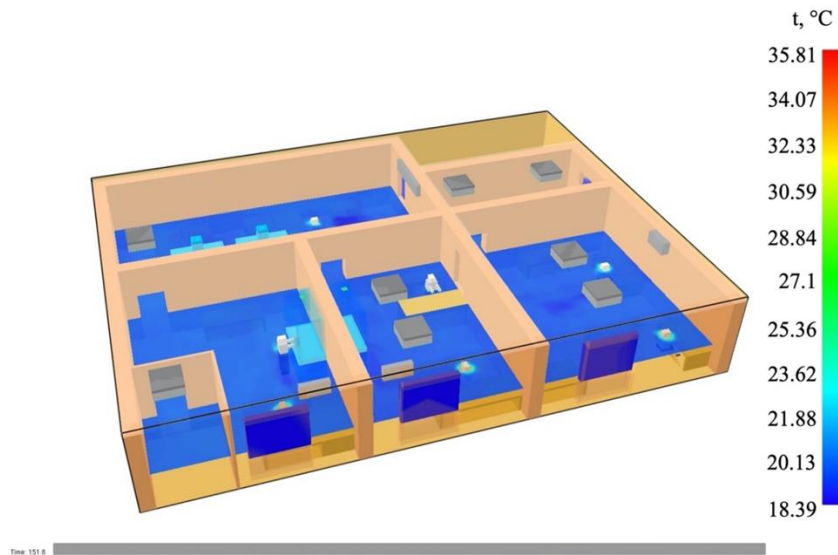


Рисунок 4.78 — Изменение поля температур на отметке 1,0 м

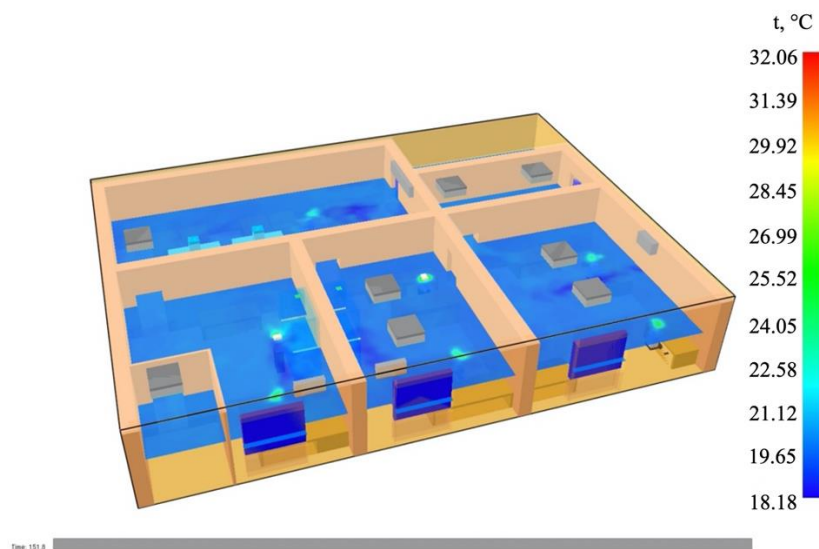


Рисунок 4.79 — Изменение поля температур на отметке 1,5 м

Результаты расчетов показывают, что температура в помещении лаборатории на всех высотах от уровня пола находится в пределах нормы и соответствует результатам натурных измерений, составляющих от 19 до 23 °С.

На рисунках 4.80–4.82 представлены результаты расчётов подвижности воздуха на отметках 0,1 м, 1,0 м и 1,5 м от уровня пола.

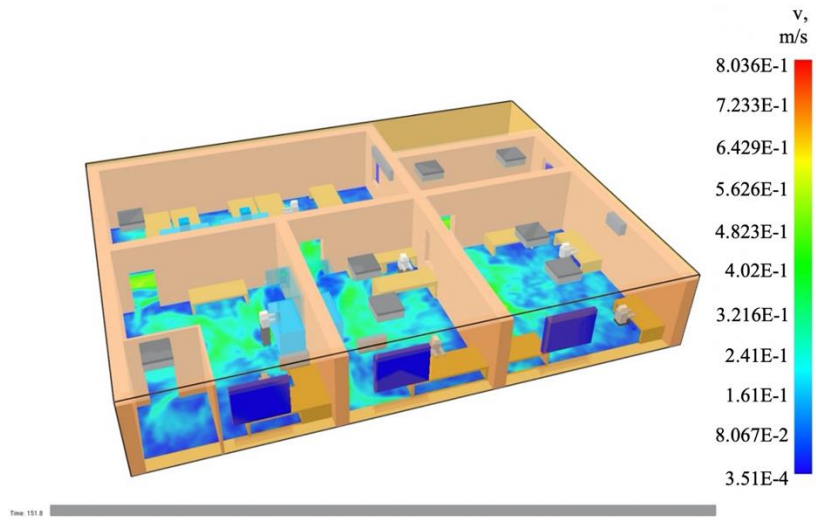


Рисунок 4.80 — Поле скоростей воздуха на отметке 0,1 м

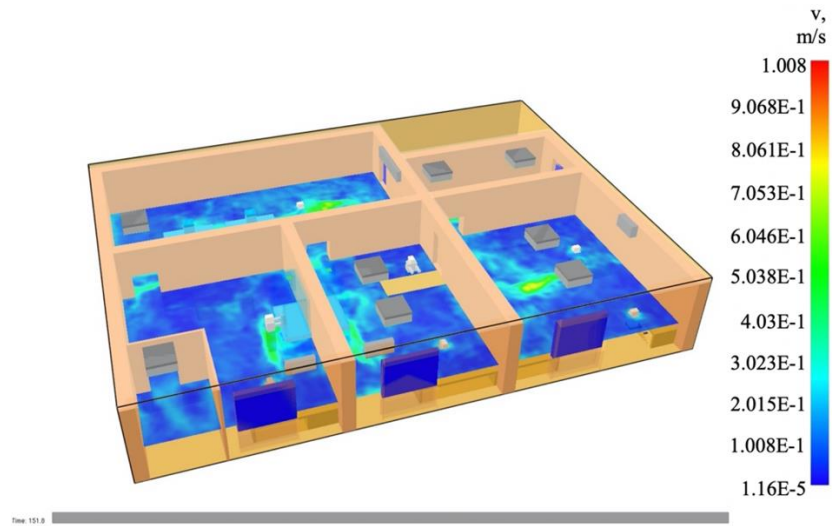


Рисунок 4.81 — Поле скоростей воздуха на отметке 1,0 м

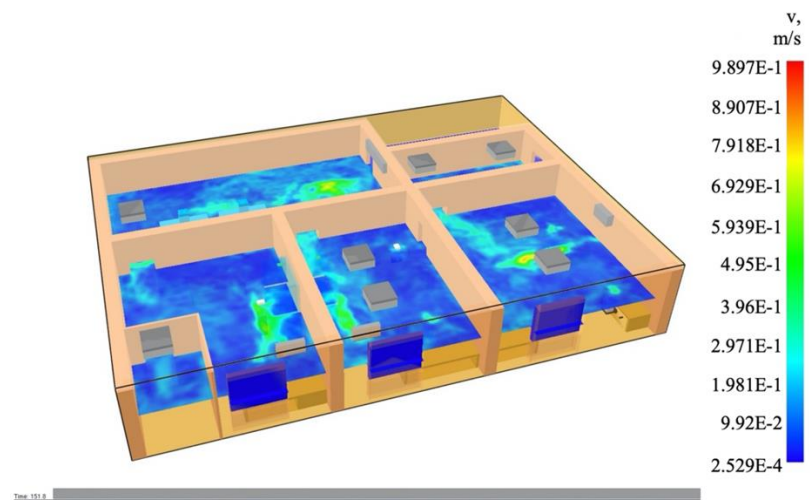


Рисунок 4.82 — Поле скоростей воздуха на отметке 1,5 м

Расчетные параметры скорости воздушных потоков на рабочих местах цеха на всех отметках находится в пределах нормы, за исключением мест расположения внутренних блоков систем кондиционирования.

На рисунке 4.83 представлена область действия настенного кондиционера и векторное поле скоростей, формируемое им. Подобные детальные исследования позволили организовать размещение рабочих мест таким образом, чтобы обеспечить нормативные параметры микроклимата в рабочей зоне.

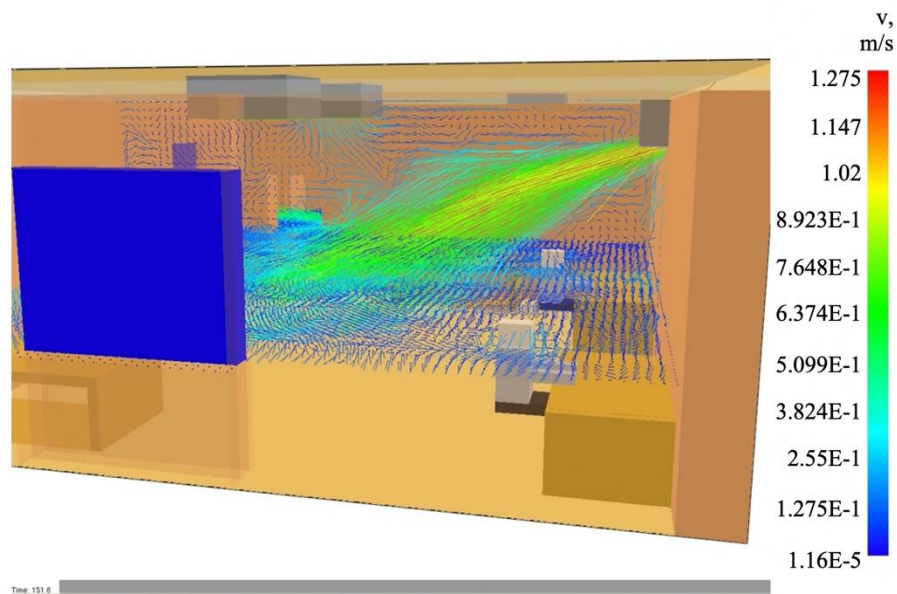


Рисунок 4.83 — Поле скоростей воздуха, создаваемое системой кондиционирования

Проведенные исследования показали возможность использования предложенных подходов к оценке и прогнозированию воздействия технологических процессов на производственный персонал обувных предприятий для предприятий других отраслей, существенно отличающихся от обувных как по характеру технологических процессов, так и по архитектурно-планировочной организации помещений.

ВЫВОДЫ ПО IV ГЛАВЕ

1. Разработана математическая модель тепломассопереноса в цехе сборки обуви, которая учитывает тепловыделения от человека и оборудования, мощность работы систем общеобменной и местной вентиляции, а также используемые в производственном процессе основные и вспомогательные материалы.

2. Смоделирована работа технологического потока обувного производства. Модель учитывает тепловыделения от человека, оборудования, отопления, вентиляции и внешних параметров.

3. В результате численного расчета с использованием разработанной математической модели тепломассопереноса в цехе сборки обуви определены зоны с повышенными концентрациями вредных веществ на рабочих местах, а также получены подробные поля изменения температуры и подвижности воздуха.

4. Смоделирована работа на наиболее теплонапряженном участке — технологической операции активации клеевой пленки, процесса теплопереноса от работы термоактиватора. В результате расчета модели теплопереноса получены микроклиматические показания в искомым точках модели.

5. Смоделирован участок, на котором происходит процесс оглаживания затянутых заготовок верха горячим воздухом, смоделирован процесс подачи струи воздуха. В результате численного расчета, построена модель теплопереноса, получены данные микроклиматических показателей в искомым точках модели.

6. Установлено, что превышение ПДК_{сс} и ПДК_{мр} по ацетону и этилацетату может наблюдаться на рабочих местах при выполнении операций «Намазка клеем подошв» и «Вклеивание задников» соответственно.

7. Для более подробной оценки состояния воздуха рабочей зоны в цехе сборки обуви детально рассмотрены зоны с превышениями ПДК_{сс}. В результате разработаны две расчетные модели тепломассопереноса на рабочих местах при выполнении операций «Намазка клеем подошв» и «Вклеивание задников». На основе численного решения определены концентрации ацетона и этилацетата в расчетных точках.

8. По результатам проведенных исследований разработаны мероприятия по снижению негативного влияния на качество воздуха рабочей зоны производственных цехов обувных предприятий.

9. Разработана математическая модель тепломассопереноса в производственном цехе, с помощью которой как на стадии проектирования, так и на стадии функционирования промышленного предприятия возможен расчет локального времени пребывания воздуха в любой точке помещения.

10. Проведен анализ результатов натуральных измерений физических факторов производственной среды, характеризующих состояние параметров микроклимата, а также качества воздуха (запыленности и загазованности).

11. Проведена оценка погрешности инструментальных измерений параметров микроклимата и качества воздушной среды. Отмечено хорошее согласование результатов расчетов и результатов натуральных измерений, что говорит об адекватности разработанной математической модели.

12. Для оценки применимости разработанных подходов к моделированию проведено исследование предприятий других отраслей промышленности, имеющих отличные от рассмотренных ранее планировочные решения цехов. В качестве одного из таких объектов выбран цех по производству пищевых фосфатов предприятия химической промышленности. Характерной особенностью цеха является многоуровневое размещение оборудования. В качестве другого объекта для апробации методики выбрано помещение физико-химической лаборатории контроля качества, состоящей из пяти отдельных помещений, расположенных на одном этаже и соединенных между собой.

13. Использование математического моделирования позволяет уже на стадии проектирования избежать ошибок и гарантирует обеспечение нормативных требований как для помещения в целом, так и для каждого отдельного рабочего места.

ГЛАВА V. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ОБУВНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

5.1. Технология производства и влияние обувных предприятий на окружающую среду

Интенсивность воздействия на окружающую среду выражается образованием разного рода отходов, материальных и энергетических. К материальным отходам можно отнести выбросы в воздушную среду, образование сточных вод, различного происхождения (производственных, хозяйственно-бытовых и ливневых и талых вод) и образование твердых отходов – промышленных и коммунальных. К энергетическим загрязнениям (выбросам), как правило, относят тепловые выбросы, шум, ультра- и инфразвук, вибрации, электромагнитные поля и излучения, ионизирующее излучение и другие.

Как было показано в главе I данного исследования: «Качественные показатели материального загрязнения воздушной среды, виды химических веществ и соединений, пары, газы и аэрозоли, зависят от того какое сырье, материалы и топливо используются в процессе производства, а количественные показатели загрязнения будут определяться уровнем технологий и оборудования, применяемых на предприятии.

«... негативное воздействие на объект (...; окружающая среда) зависит от технологий и оборудования, которые применяются на предприятии, а также сырья и материалов, используемых в производстве, и режима работы оборудования.»

На рисунке 5.1 показана схема связи источников выделения загрязняющих веществ и источников их выбросов в атмосферу.

Необходимо отметить, что образующиеся в технологическом процессе газообразные вещества попадают в атмосферный воздух посредством систем организованного (системы вентиляции) и неорганизованного (неплотности ограждающих конструкций) воздухообмена практически в неизменном объеме, за исключением случаев использования специальных систем газоочистки (поз. 4 рисунок 5.1).

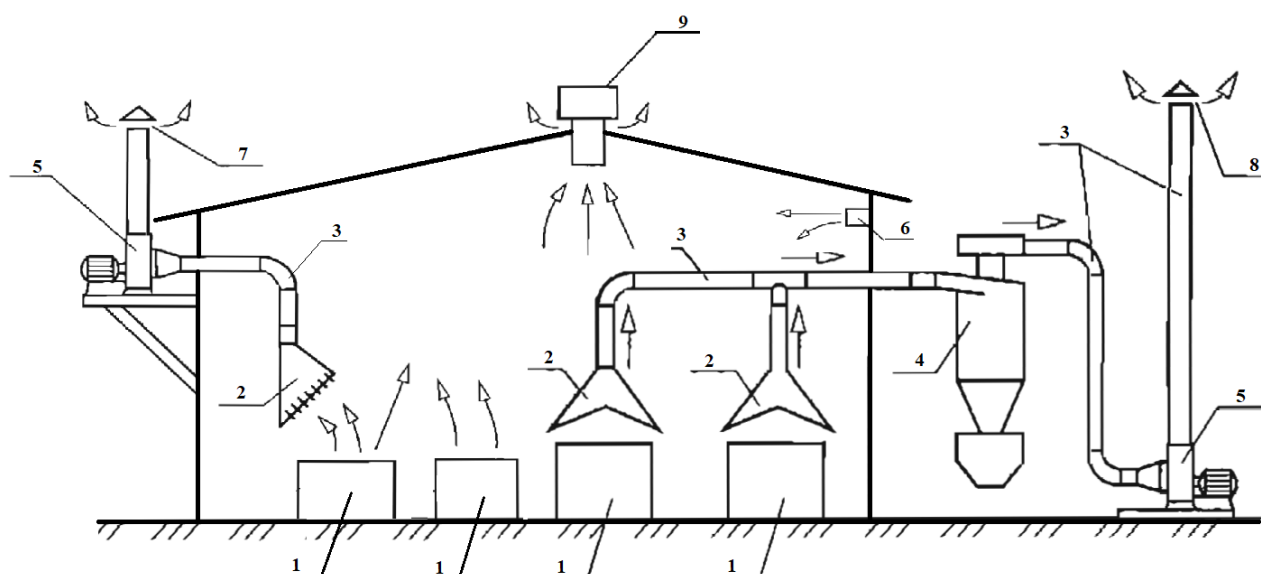


Рисунок 5.1 — Схема связи источников выделения и источников выбросов загрязняющих веществ (источников загрязнения атмосферного воздуха — ИЗАВ)

1 – источники выделения загрязняющих веществ; 2 – местные отсосы; 3 – воздуховоды (газоходы); 4 – устройства пылегазоочистки; 5 – вентиляционный аппарат; 6 – воздухораспределитель приточной системы вентиляции; 7 – источник выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (выпуск пылегазовоздушной смеси в атмосферу местной вентиляцией, необорудованной средствами пылегазоочистки); 8 – источник выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (выпуск пылегазовоздушной смеси в атмосферу местной вентиляцией, оборудованной средствами пылегазоочистки); 9 – источник выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (выпуск пылегазовоздушной смеси в атмосферу общеобменной вентиляцией)

С твердыми веществами (пылью) ситуация складывается несколько иначе. Пыль, не удаленная непосредственно из рабочей зоны системами местных отсосов, частично удаляется общеобменной вентиляцией, а оставшаяся часть оседает на полу и элементах технологического оборудования, после чего собирается и удаляется уже в виде твердых отходов.

Эффективность местного отсоса определяется коэффициентом эффективности $K_{мо}$, характеризующим долю загрязняющего вещества, уловленного местным отсосом и удаленного из рабочей зоны, от общего количества загрязняющего вещества, образовавшегося на оборудовании, оснащенном местным отсосом.

Как правило, загрязнённый воздух, уловленный системами местных отсосов, направляется на установки пылегазоочистки, расположенные вне производственных помещений (поз. 4 рисунок 5.1). После очистки воздух выбрасывается в атмосферу (поз. 8 рисунок 5.1). Однако, в ряде случаев,

высокоэффективные системы пылеулавливания, оборудованные рукавными фильтрами и обладающие степенью очистки более 99%, могут устанавливаться внутри производственных помещений в непосредственной близости от технологического оборудования, оснащенного местными отсосами (рисунок 5.2).



а)



б)

Рисунок 5.2 — Пылеулавливающие агрегаты(а) и стружкоотсосы (б), устанавливаемые внутри производственных помещений

После таких систем очищенный воздух, содержащий менее 1% исходной пыли, удаляется из производственного помещения системами общеобменной вентиляции.

Рассмотрим подробно системы пылеулавливания, устанавливаемые на источниках выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в контексте работы [233].

Как уже говорилось выше, вопросам расчета и моделирования процессов распространения пыли и пылеулавливающего оборудования посвящены работы автора [176, 226, 230–237] (в соавторстве с Костылевой В.В., Алейниковым В.Ю.,

Полиефтовой А.П., Бородиной Е.С., Кочетовым О.С., Моргун О.С., Давыдовой А.Д., Петровой О.О.)

Для очистки газовых выбросов от твердых частиц (пыли) широко используются сухие механические пылеуловители — аппараты, в которых отделение твердых частиц от воздушного потока происходит за счет различных сил (центробежных, инерции, гравитации и других). Наиболее распространенным типом механического пылеуловителя являются аппараты гравитационного и инерционного типа, за счет простоты устройства и эксплуатации, сравнительно небольшой стоимости и высокой производительности.

К основным характеристикам оборудования для очистки от взвешенных частиц относятся эффективность (степень) очистки воздуха от пыли, которую также иногда называют коэффициентом полезного действия аппарата, хотя это не отражает ее физический смысл; гидравлическое сопротивление; стоимость очистки. К общим параметрам пылеуловителей относят их производительность по очищаемому газу и энергоемкость, определяемую величиной затрат энергии на очистку 1000 м³ газа.

При оценке эффективности работы пылеуловителей принимают во внимание:

- общую эффективность обеспыливания, или количество пыли, задержанной в пылеуловителе, по отношению к количеству пыли, содержащейся в обеспыливаемом газе;

- фракционную эффективность, определяющую полноту улавливания частиц определенных размеров; ее выражают процентом отделенных в пылеуловителе частиц пыли определенных размеров;

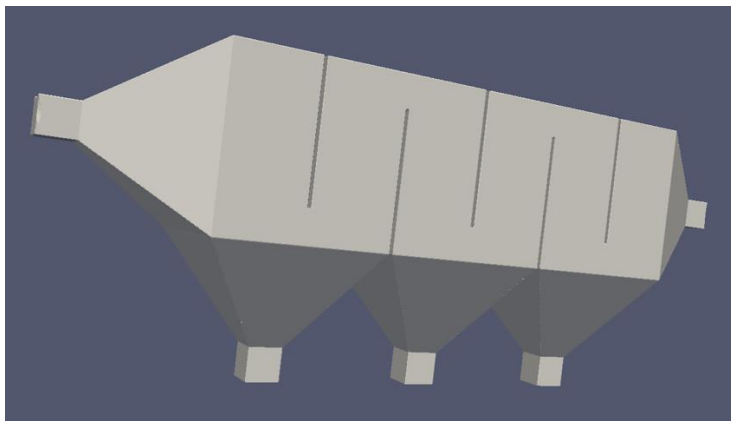
- остаточное содержание пыли в газе при выходе его из пылеуловителя;

- распределение остатка пыли в газе по размеру частиц или скорости витания.

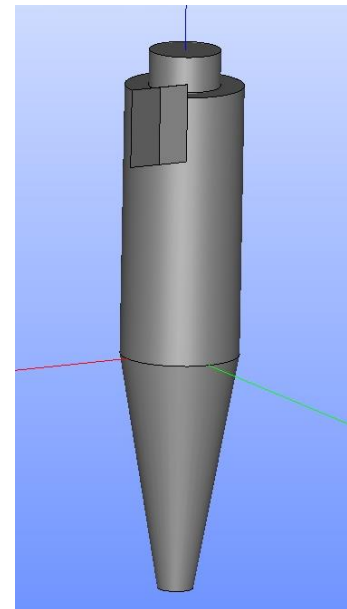
Однако, несмотря на простую внешнюю конструкцию, в пылеулавливающих аппаратах происходят сложные аэродинамические процессы, которые исследованы еще не в полной мере. Отсутствует стройная теоретическая база, позволяющая связать конструктивные характеристики аппарата с эффективностью очистки.

Для моделирования процессов пылеочистки широко используется современное программное обеспечение (ПО), предназначенное для решения задач вычислительной гидродинамики [234], что позволяет в рамках единого подхода, предложенного в данном исследовании, смоделировать работу сухих гравитационных и инерционных пылеуловителей.

Проведённый анализ геометрических размеров наиболее популярных циклонов типов ЦН11, ЦН-15 и ЦН-24 показал, что указанные выше типы циклонов отличаются углом наклона оси входного патрубка относительно горизонтали, который составляет 11° , 15° и 24° соответственно. Другие геометрические размеры пропорциональны диаметру цилиндрической части. Учитывая данную закономерность, можно, используя в качестве параметров диаметр цилиндрической части и угол наклона входного патрубка, создать параметрическую модель циклона, выразив все его основные конструктивные размеры. На 1-м этапе в программном комплексе Salome [194] построены 3D модели пылеуловителей различных типов, некоторые из которых представлены на рисунке 5.3.



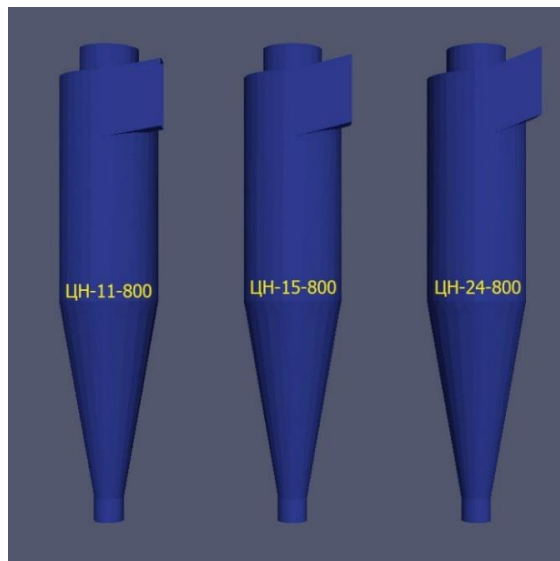
а)



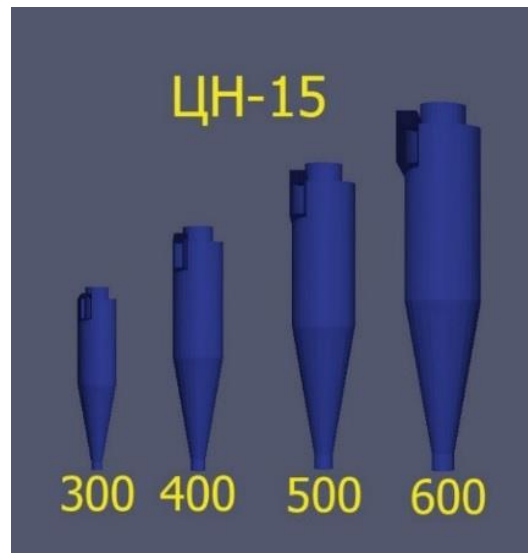
б)

Рисунок 5.3 — Геометрическая 3D модель: а) пылеосадительная камера; б) циклон

Скрипт, написанный на языке Python, позволил реализовать параметрическую модель пылеулавливающего аппарата, и обеспечил создание 3D-моделей циклонов типа ЦН-11, ЦН-15 и ЦН-24 всего размерного ряда используя два параметра: диаметр цилиндрической части и угол наклона входного патрубка. 3D-модели циклонов типа ЦН, построенные с использованием разработанного скрипта, представлены на рисунке 5.4



а)



б)

Рисунок 5.4 — Результаты работы параметрической модели циклона типа ЦН при изменении параметров модели: а) угол наклона входного патрубка 11°, 15° и 24°; б) диаметр цилиндрической части циклона 300, 400, 500 и 600 мм.

Данный скрипт может быть использован для построения 3D-моделей циклонов других типов и, как основа, для построения более сложных моделей циклонов, например, групповых или циклонов с бункерами (рисунок 5.5).

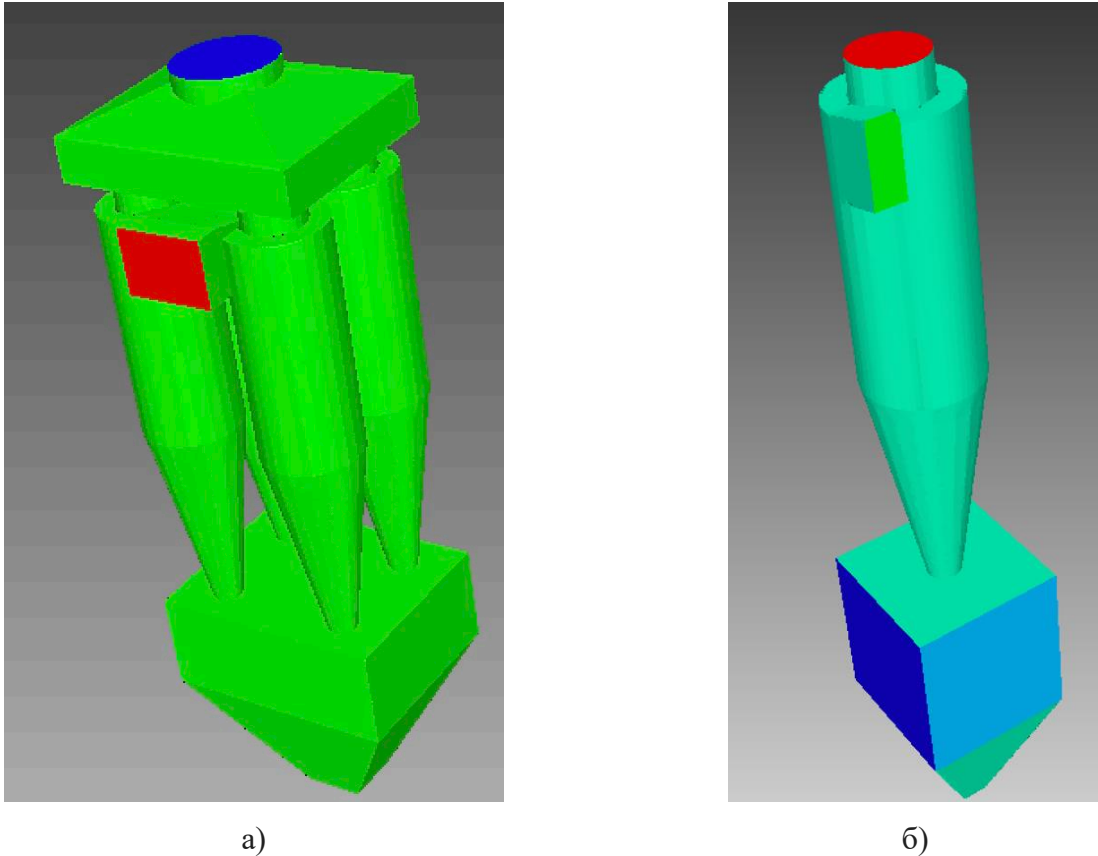
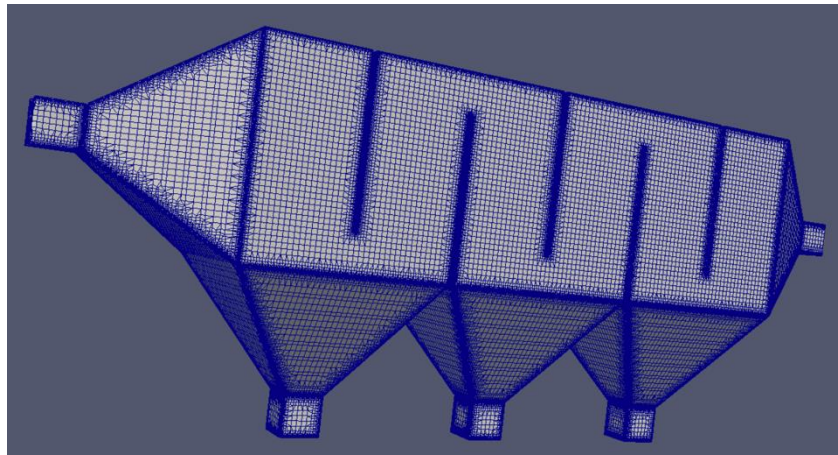
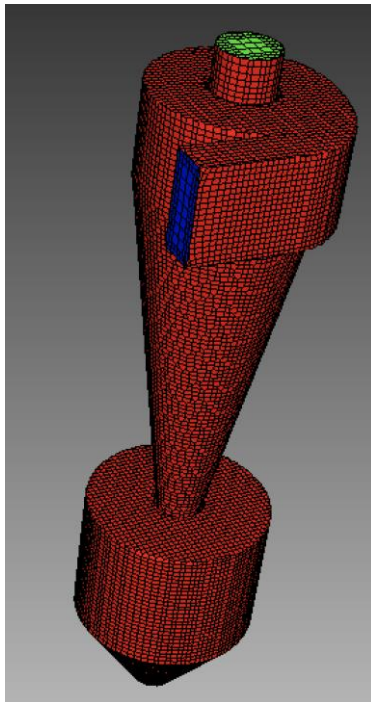


Рисунок 5.5 — 3D-модели пылеуловителей: а) групповой циклон; б) циклон с бункером

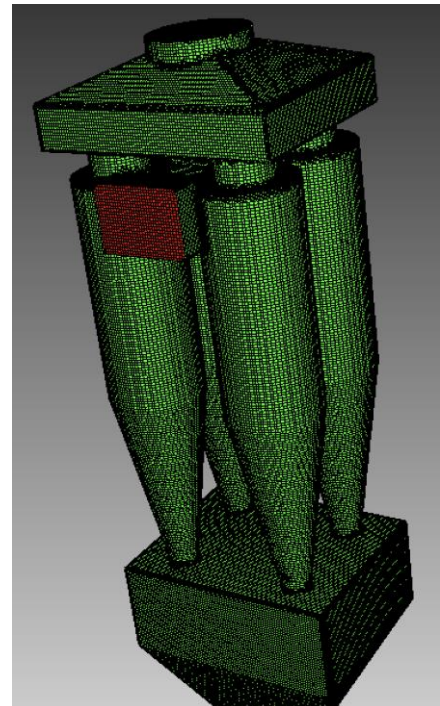
Заключительной частью 1-го этапа является создание расчетной сетки. Для создания расчетной сетки может быть использовано различное программное обеспечение, как коммерческое, так и свободное. В нашем случае для всех моделей расчетная сетка создавалась с использованием утилиты snappyHexMesh, входящей в состав свободного программного пакета OpenFOAM [187]. На рисунке 5.6 представлены некоторые варианты построения расчетной сетки для конструкций пылеуловителей различных типов.



а)



б)



в)

Рисунок 5.6 — Сеточное разбиение расчетной области: а) пылеосадительная камера; б) циклон СК-ЦК с бункером; в) групповой циклон с бункером

На этапе Solver (Processing) импортируется расчетная сетка в соответствующий решатель. Основная задача этого этапа состоит в решении системы уравнений, включающей в себя уравнение состояния, уравнения сохранения массы и количества движения (импульса), уравнения переноса, определяемые соответствующими физическими моделями (например, моделями турбулентности и другими). В решателе также задаются начальные и граничные условия, позволяющие однозначно определить условия задачи.

В настоящее время для численного решения систем дифференциальных уравнений в частных производных широко применяются три основных метода: метод конечных разностей, метод контрольных (конечных) объемов и метод конечных элементов.

Первый из них метод конечных разностей (Finite Difference Method – FDM), основанный на замене производных конечными разностями. Второй метод – метод конечных или контрольных объемов (Finite Volume Method – FVM) состоит в разбиении исследуемой области расчетной сеткой на совокупность замкнутых объемов. Для каждого из таких объемов должны выполняться вышеперечисленные законы сохранения. Все изменения в контрольном объеме происходят только за счет потоков через поверхности, ограничивающие данный контрольный объем или за счет их генерации внутри этого объема. Решение уравнений переноса ищется в узлах, которые расположены, как правило, в центрах контрольных объемов. Третий метод – метод конечных элементов (Finite Element Method – FEM) состоит в разбиении расчетной области на конечное число подобластей (конечных элементов) и заданием аппроксимирующей функции внутри каждого элемента. Коэффициенты аппроксимирующих функций выражаются через значение функций в узлах элементов. Таким образом получается система алгебраических уравнений, в которой число неизвестных равно количеству уравнений.

Для решения поставленной задачи использован программный пакет OpenFOAM [187], представляющий собой свободно распространяемый инструментальный, предназначенный для решения задач вычислительной гидродинамики. В случае моделирования пылеочистки применялся решатель MPPICFoam. MPPICFoam (MultiPhase Particle-In-Cell method – Многофазный метод частиц в ячейке [267]): это «лагранжевый решатель», позволяющий моделировать движение частиц в сплошной среде и отслеживать их траекторию движения. Этот метод моделирует движение твердой фазы в среде без взаимодействия частиц между собой. На этапе Postprocessing проведены анализ, обработка и визуализация результатов: движение газового потока, движение пыли, изменения скорости газового потока и другие. Визуализация результатов была проведена в программе

Paraview [196]. На рисунках 5.7–5.10 представлены некоторые возможности современных систем визуализации научных данных.

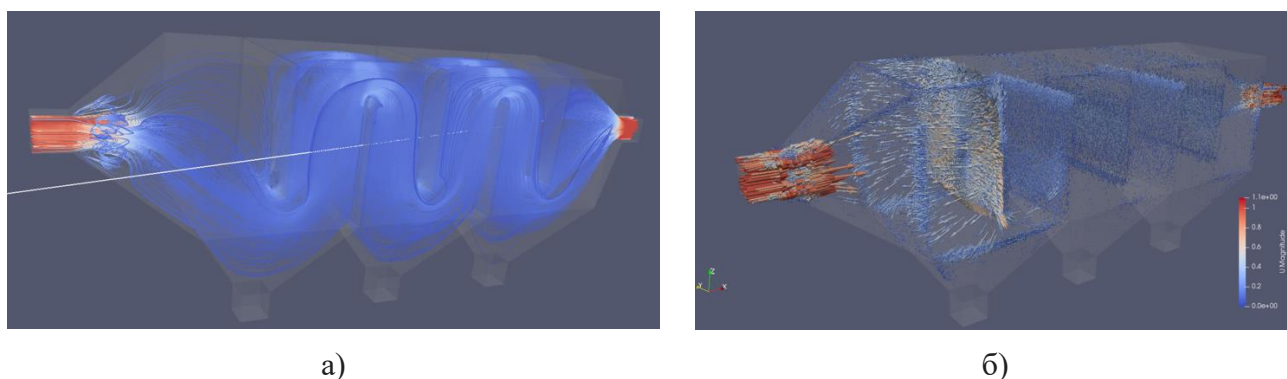


Рисунок 5.7 Визуализация течения в пылеосадительной камере: а) линии тока; б) векторное поле скорости

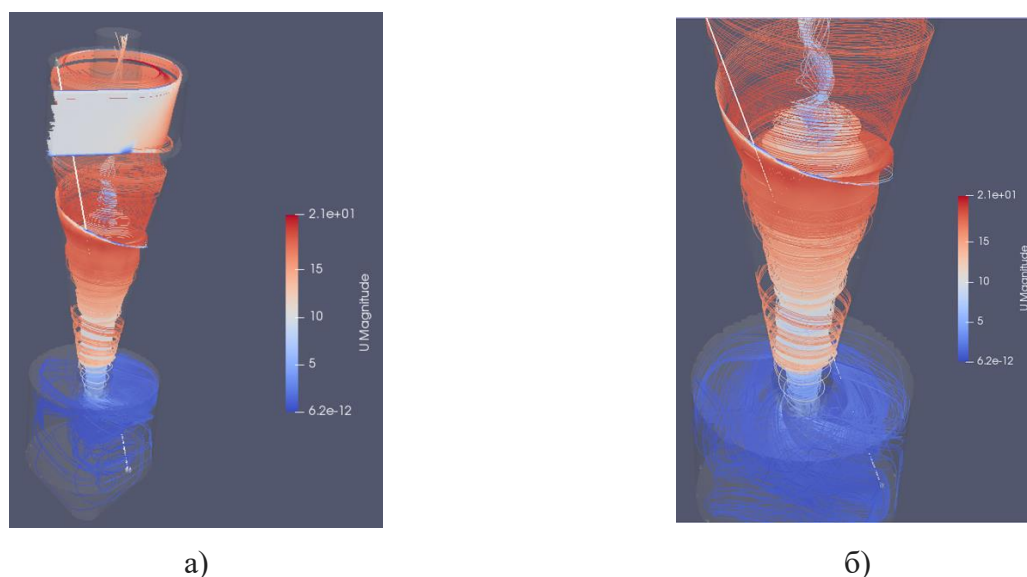


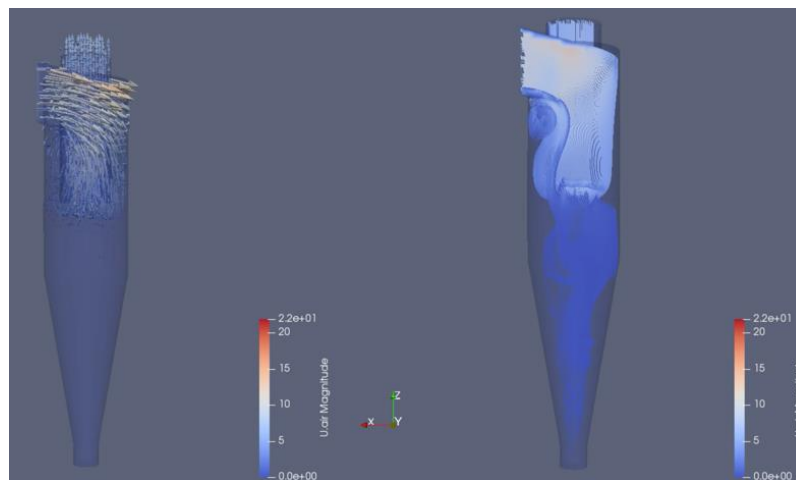
Рисунок 5.8 — Визуализация линий тока в циклоне типа СК-ЦН: а) циклон полностью; б) центральная область циклона

Основную роль в процессе пылеулавливания в сухих гравитационных и инерционных пылеуловителях играет аэродинамика течения внутри аппарата. Представлена картина течения внутри пылеосадительной камеры (рисунок 5.7) и циклона типа СК-ЦН-34 (рисунок 5.8). Современные системы визуализации позволяют, на основе результатов расчетов, получить детальное представление о характере течения как для циклона в целом (рисунок 5.8а), так и для отдельных областей течения (рисунок 5.8б).

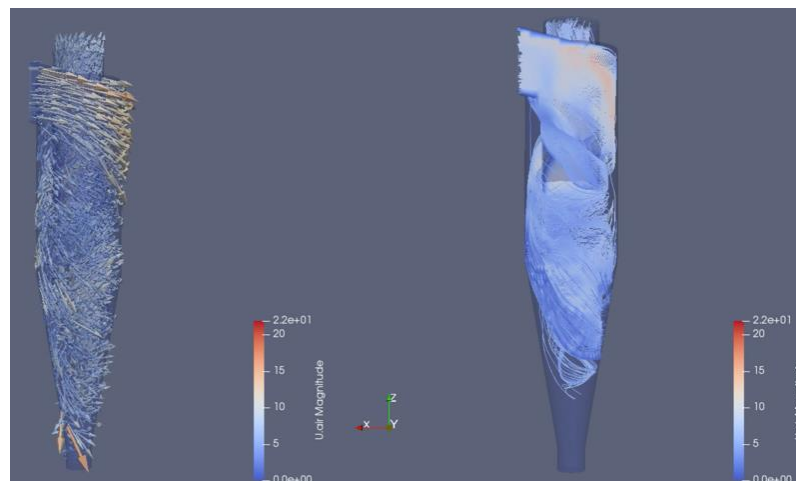
Динамика развития течения внутри аппарата представляет значительный интерес с точки зрения изучения процесса формирования течения, что позволяет

лучше понять физические процессы и их влияние на эксплуатационные характеристики и эффективность работы аппарата.

Начальный момент времени работы циклона ЦН-15 представлен на рисунке 5.9а, на 5.9б показан момент формирования закрученного потока в том же аппарате. После изучения процесса внутренней аэродинамики пылеуловителей различных типов проведен анализ и визуализация процесса пылеулавливания в циклоне типа ЦН-15, оснащенный кубическим бункером для сбора уловленной пыли. Динамика процесса пылеулавливания представлена на рисунке 5.10.



а)



б)

Рисунок 5.9 — Формирование течения в циклоне типа ЦН-15: а) начало течения; б) развитие течения

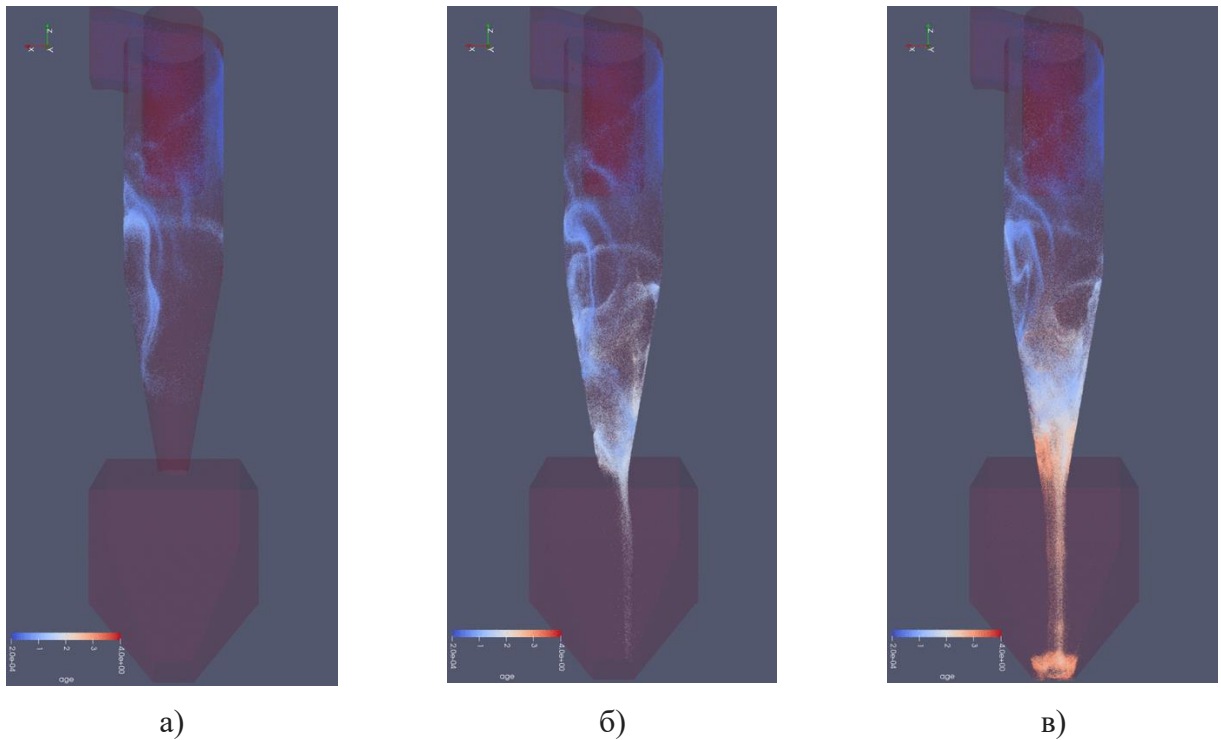


Рисунок 5.10 — Динамика осаждения пыли в циклоне типа ЦН-15 с бункером: а) начальный момент времени; б) движение пыли по конической части циклона; в) начало заполнения бункера

В результате данного исследования показано, что полный цикл моделирования процессов пылеулавливания в сухих гравитационных и инерционных пылеуловителях можно осуществить исключительно с использованием свободного программного обеспечения, в рамках единого подхода, как и все моделирование в данном исследовании.

5.2. Характеристика загрязнения приземных слоев атмосферы выбросами обувных предприятий

Технологические процессы обувного производства связаны с использованием большого количества химических материалов (серная кислота, бензол, ацетон, бензин, аммиак и др.). Химизация производства и широкое использование полимерных материалов для деталей обуви — полиуретана, поливинилхлорида, термоэластопласта, синтетических кож и полимерных клеев — вызывает

загрязнение воздуха различными химическими веществами, образующимися в результате испарения органических растворителей.

Загрязнение воздуха оксидом углерода возможно при обжиге краев кожаных деталей верха обуви, горячей полировке уреза.

Кроме того, загрязнение воздушного пространства может происходить от пыли, возникающей при механической обработке деталей обуви. Наиболее значительные пылевыведения наблюдаются в подготовительных, сборочных и отделочных цехах обувного производства при фрезеровании, шлифовании, спускании краев деталей верха, чистке изделий, при разрубке материалов для низа обуви и материалов с волосяным, ворсовым покровом, а также при изготовлении колодок и полировании фурнитуры.

В работе [268] проанализирован технологический процесс литья низа обуви из полиуретана и установлены наиболее опасные места с точки зрения образования вредных выделений. Таковыми являются зона съема готовых изделий, зона смазки пресс-форм, зона смесительной головки подачи полиуретановой смеси.

Необходимо отметить, что значительные исследования, связанные с загрязнением атмосферного воздуха предприятиями легкой промышленности, были проведены Центральным научно-исследовательским институтом информации и технико-экономических исследований лёгкой промышленности (ЦНИИТЭИлегпром) во второй половине 80-х годов прошлого века [269–272], которые до настоящего времени остаются наиболее полным и структурированным источником информации о выбросах загрязняющих веществ предприятиями легкой промышленности.

Основные источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от обувных предприятий и их характеристики приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 — Перечень источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на обувных предприятиях их характеристика [271]

Вид продукции	Технологический процесс	Источники выбросов в атмосферу	Загрязняющее вещество	Диапазон изменения		Время действия источника
				концентрации, мг/м ³	температуры, °С	
1	2	3	4	5	6	7
Штамповочный цех						
Все виды обуви, за исключением обуви литьевого метода крепления низа	Фрезерование уреза подошвы в пачках (по копиру) и поштучно Обработка деталей низа обуви (стекление каблуков, взъерошивание кожаных	Аспирационная система, система общеобменной вентиляции Аспирационная система	Пыль органическая	1,0 – 14,0	18 – 20	Все время работы оборудования
			То же	1,0 – 18,0	18 – 20	То же
	Промазка клеем деталей низа обуви	Местный отсос	При применении нитритного клея, НК и десмоколлы, бензин этилацетат	25 – 290 20 – 920	18 – 20	>>
Раскройный цех						
Обувь зимняя	Разруб деталей обуви из искусственного меха	Аспирационная система, система общеобменной вентиляции	Пыль органическая	2,0 – 5,0	18 – 20	>>
Все виды обуви	Выравнивание деталей верха обуви по толщине, спускание с краев деталей обуви	Аспирационная система	Пыль органическая	1,0 – 2,0	18 – 20	>>

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7
Швейный цех						
Все виды обуви	Намазка клеем деталей верха обуви	Местный отсос	При применении клея НК – бензин, десмоколл-этилацетат	180 – 450 100 – 330	20 – 24	>>
	Размягчение подносков и задников из гранитоля	То же	Ацетаты Ацетон	130 – 220 20 – 50	18 – 20	Все время работы оборудования
Пошивочный цех						
	Формование и клеевая затяжка носочно-пучковой и пяточной части заготовки обуви	Местный отсос, общеобменная вентиляция	При применении полиэфирных клеев-расплавов - формальдегид Наиритового клея – бензин Этилацетат	0,1 – 0,25 100 – 300 100 – 300	18 – 20	То же
	Намазка клеем деталей верха обуви и сушка	Местный отсос	При применении наиритового клея, НК и десмоколла - бензин Этилацетат	30 – 780 400 – 600	20 – 22	>>
Обувь клеевого метода крепления низа	Взъерошивание затяжной кромки заготовки	Аспирационная система	Пыль органическая	1 – 10	18 – 20	>>
	Нанесение клея на затяжную кромку заготовки и на след обуви и подсушка	Местный отсос	При применении десмоколла - этилацетат Наиритового клея - этилацетат	300 – 750 60 – 350	18 – 20	>>
	Галогенирование подошв из ТЭП	То же	Бензин Этилацетат	100 – 200 15 – 50	18 – 20	>>

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7
Обувь литьевого метода крепления низа	Активация клеевой пленки и приклеивание подошвы	Местный отсос, общеобменная вентиляция	Этилацетат Бензин	20 – 70 50 – 100	18 – 20	>>
	Промазка и приклеивание протектора	Местный отсос	Бензин	250 – 300	20 – 22	>>
	Литье низа обуви под давлением	То же	Бензин Аэрозоль полидиметилсилоксана	20 – 80 1,0 – 20,0	20 – 22	Все время работы оборудования
Все виды обуви	Ручная отделка верха и низа обуви	Местный отсос	Бензин Этилацетат	50 – 300 50 – 230	18 – 20	То же
	Аппретирование верха обуви и сушка	То же	Ацетаты Ацетон Бутиловый спирт Аэрозоль красителя	200 – 350 40 – 300 1,0 – 5,0 1,0 – 8,0	18 – 20	>>
Вспомогательные цеха						
Все виды обуви	Приготовление растворов водных клеев	>>	Аммиак Фенол	3,0 – 9,0 1,0 – 2,0	18 – 20	>>
	Приготовление клеев на растворителях	Местный отсос, общеобменная вентиляция	Бензин Ацетаты Ацетон	100 – 450 70 – 400 25 – 50	18 – 20	>>
	Приготовление резиновых смесей	Местный отсос	Пыль органическая	0,8 – 8,0	18 – 20	>>
	Приготовление аппретур	То же	Ацетаты Ацетон Бутиловый спирт	70 – 100 7 – 30 1 – 10	18 – 20	>>

Как видно из представленной таблицы, основную долю выбросов обувных предприятий составляют газообразные выбросы. Как правило, очистка газовых выбросов является сложной задачей, требующей использования дорогостоящего газоочистного оборудования. Учитывая концентрации, создаваемые предприятиями обувной «на источниках» выбросов, то есть непосредственно в устье вентиляционной трубы вытяжной общеобменной или местной систем вентиляции, как правило, такой выброс осуществляется в атмосферный воздух без дополнительной очистки, где и рассеивается в приземных слоях атмосферы до концентраций, соответствующих нормативным требованиям.

Для очистки запыленного воздуха используются существенно более простые и дешёвые пылеуловители, после которых частично очищенный от твердых частиц воздух выбрасывается в атмосферу, где рассеивается до концентраций, соответствующих нормативным требованиям.

Таким образом, расчет и моделирование распространения загрязняющих веществ в приземных слоях атмосферы является важной и актуальной задачей, позволяющей оценить воздействие предприятия на окружающую среду.

5.3. Факторы, оказывающие влияние на рассеивание загрязняющих веществ в приземных слоях атмосферы

В зарубежных исследованиях [273] оценка загрязнения атмосферного воздуха делается на базе данных о высотах труб, температуре, скорости, объеме и специфических свойствах выбрасываемого аэрозоля с поправками на преобладающее направление ветров и другими изменениями. Допуски данной методики очень велики: это средние метеоусловия и единичный источник. Рассеивание загрязняющих веществ зависит от условий их эмиссии, переноса и турбулентного смешивания. Использование полного уравнения для описания этих особенностей называется эйлеровским моделированием рассеивания [274]. При этом способе увеличение и снижение содержания конкретного загрязняющего

вещества нужно определять в каждой точке воображаемой пространственной сетки и за отдельные промежутки времени. Так как этот метод очень сложен и требует длительных компьютерных расчетов, им обычно нельзя пользоваться постоянно. Однако во многих случаях применения он может быть упрощен при следующих условиях:

- неизменность условий выделения загрязняющих веществ со временем;
- неизменность метеорологических условий во время переноса;
- скорость ветра менее 1 м/с.

В этом случае упомянутое выше уравнение может быть решено аналитически. В результате выводится формула, которая описывает шлейф (перо) с гауссовым распределением концентрации – так называемую гауссову перьевую модель [275]. Параметры распределения зависят от метеорологических условий и расстояния в направлении ветра, а также от высоты дымовой трубы. Они должны определяться опытным путем [276]. Ситуации, когда эмиссии и (или) метеорологические параметры значительно варьируются во времени и/или пространстве, могут быть описаны с помощью гауссовой модели дымного клуба [277]. При этом подходе отдельные клубы дыма выпускаются через фиксированные промежутки времени и каждый из них следует по собственной траектории в соответствии с метеорологическими условиями в данный момент. По пути каждый клуб увеличивается в размерах в соответствии с турбулентным смешиванием. Параметры, описывающие его рост, также должны быть определены исходя из эмпирических данных [277]. Однако необходимо подчеркнуть, что для выполнения этой задачи необходимо иметь в распоряжении исходные параметры с необходимым уровнем временной (пространственной) точности (разрешения).

Для случайных выбросов или анализа отдельных случаев рекомендуется модель Лагранжа, или модель частиц [275]. Ее основная идея состоит в вычислении траекторий множества частиц, каждая из которых содержит фиксированное количество рассматриваемого загрязняющего вещества. Отдельные траектории складываются под влиянием переноса при средней скорости ветра, а также под влиянием вероятностных нарушений. Из-за элемента вероятности траектории не

полностью согласуются, но описывают смесь, возникающую вследствие турбулентности. В принципе модели Лагранжа способны описывать комплексные метеорологические условия — в частности, ветер и турбулентность; поля (области), рассчитанные с помощью моделей потока, описанных ниже, могут использоваться для моделирования рассеивания по Лагранжу.

Если концентрации загрязняющего вещества необходимо определить на местности со сложным рельефом, при моделировании может быть необходимо учитывать влияние топографических эффектов на рассеивание загрязняющего вещества. К таким эффектам относится, например, перенос, следующий топографической структуре, или термические ветровые системы – морские бризы или горные ветры, изменяющие направление ветра в течение дня.

Если такие эффекты имеют место в более крупном масштабе, чем моделируемая область, то их влияние можно рассматривать, используя метеорологические данные, учитывающие местные особенности. Если таких данных не имеется, то благодаря использованию соответствующей модели потока можно получить трехмерную структуру влияния топографических особенностей на воздушный поток. На основании этих данных может быть проведено и собственно моделирование рассеивания при условии допущения горизонтальной однородности, как описано выше в случае гауссовой перьевой модели. Однако в ситуациях, когда условия ветра значительно меняются внутри моделируемой зоны, само моделирование рассеивания должно принимать во внимание влияние топографической структуры на трехмерный воздушный поток. Как уже указывалось, это можно сделать, используя гауссову модель дымового клуба или модель Лагранжа. Другим способом является выполнение более сложного моделирования по Эйлеру.

Для определения направления ветра на местности со сложной структурой рельефа можно использовать моделирование устойчивости массы или диагностического потока [274]. При таком подходе воздушный поток “подгоняется” к особенностям рельефа путем минимальных изменений исходных показателей и сохранения постоянства массы. Поскольку этот подход дает быстрые

результаты, он также может быть использован для расчета статистики ветра для участка местности, где невозможны наблюдения. Для этого используются геострофические статистические данные (например, данные из верхних слоев атмосферы, полученные с шаров-зондов).

Если все же необходимо рассматривать термальные ветровые системы более подробно, то следует воспользоваться так называемыми прогностическими моделями. В зависимости от величины и рельефа моделируемой местности можно применять гидростатический или даже более сложный негидростатический метод [275]. Модели этого типа требуют сложной компьютерной обработки, а также большого опыта в их применении. С помощью этих моделей определение концентраций на основе среднегодовых показателей, как правило, невозможно. Зато, учитывая лишь одно из направлений ветра и те параметры стратификации, которые приводят к наибольшей поверхностной концентрации загрязнения, можно моделировать ситуацию максимально возможного загрязнения. Если рассчитанные таким образом показатели концентрации загрязнения не превышают стандартов качества воздуха, то в более детальных исследованиях нет необходимости.

Агентством по охране окружающей среды США для проведения расчетов, носящих нормативный характер, рекомендована методика ISC3ST [278, 279]. Эта модель является одной из наиболее универсальных моделей рассеивания, реализующих Гауссовскую модель. Достоинством гауссовой методики является ее сравнительно высокая точность при достаточно простой параметризации влияющих на рассеяние примесей факторов. Однако эта модель имеет ряд серьезных недостатков и в некоторых случаях неприменима.

Природные (климатические) факторы оказывают существенное влияние и определяют характер распространения загрязняющих веществ в атмосфере. Совокупность метеорологических факторов, таких как скорость ветра, облачность, вертикальный тепловой поток определяют условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере. В зависимости от сочетания этих факторов выделяют шесть классов устойчивости атмосферы: А, В, С, D, Е и F.

Другим важным фактором является ветровой режим территории, который определяется термической неоднородностью и характером подстилающей поверхности [280].

Вертикальный профиль скорости может быть описан логарифмическим уравнением (5.1) [281–284]

$$u_z = \frac{u^*}{\kappa} \ln \left(\frac{z - z_d}{z_0} \right), \quad (5.1)$$

где u_z — средняя скорость ветра, м/с, на высоте z , м;

u^* — скорость ветра, возникающая в результате воздействия силы трения, м/с;

z_0 — параметр шероховатости, м;

z_d — высота смещения нулевой плоскости, м;

κ — константа Кармана (обычно принимают равной 0,4).

Параметр шероховатости z_0 — характеристика неровностей подстилающей поверхности, влияющих на движение воздуха в приземном слое атмосферы, имеет размерность длины, иначе называется уровнем шероховатости. На уровне шероховатости средняя скорость ветра обращается в нуль; ниже этого уровня имеют место только турбулентные пульсации. Высота смещения нулевой плоскости z_d характеризует вертикальное смещение профиля скорости ветра из-за наличия на поверхности элементов шероховатости (рисунок 5.11). Параметр шероховатости и высота смещения нулевой плоскости в вертикальном профиле скорости ветра над городом выше, чем в пригородных районах и на открытых участках с преобладанием луговой или сельскохозяйственной растительности [284].

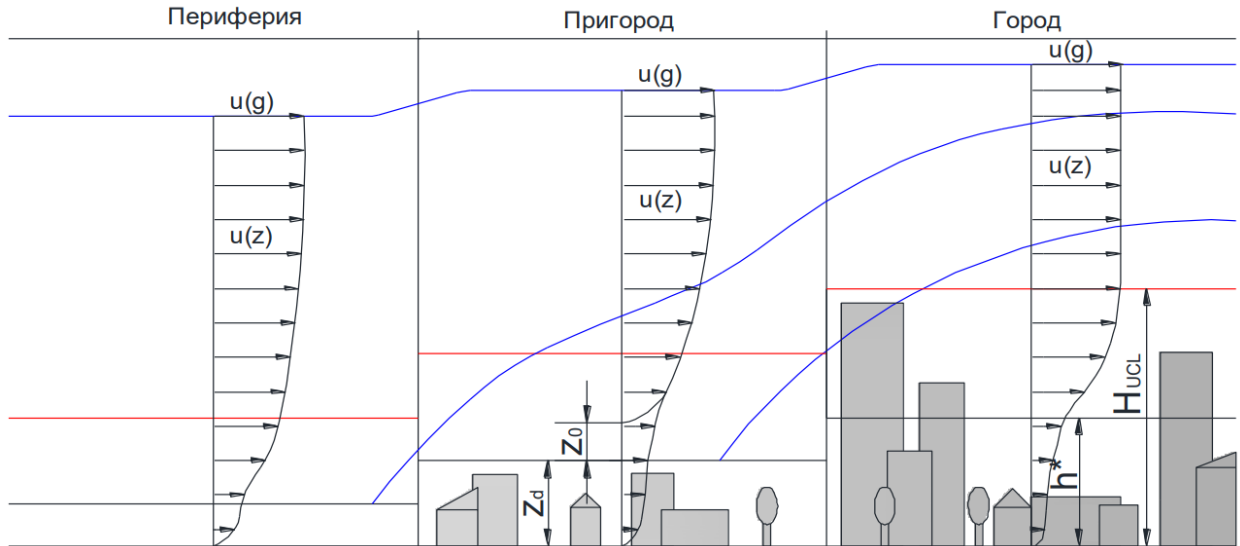


Рисунок 5.11 — Схематичное представление вертикального профиля скорости ветра над группой элементов шероховатости подстилающей поверхности над городом, его периферией и в пригороде [283, 284]:

$u(g)$ – геострофический ветер; $u(z)$ – вертикальный профиль ветра в слое шероховатости; H_{UCL} – высота городского пограничного слоя атмосферы; h^* – средневзвешенная высота препятствий, z_0 – параметр шероховатости, z_d – высота смещения нулевой плоскости.

Вокруг зданий, особенно имеющих большие габариты, формируется ветровой режим, отличный от окружающей территории и характеризующийся повышенными скоростями ветра и образованием зон турбулентности. Даже при невысоких скоростях фонового ветра его усиление в приземном слое за счет динамической конвекции бывает настолько сильным, что вызывает неблагоприятные и опасные последствия для населения, находящегося на прилегающей к зданию территории, а в отдельных случаях – и для самих зданий и зеленых насаждений [285].

Надежных количественных оценок изменения параметров воздушного потока (изменение средней скорости в приземном слое) при его прохождении через городскую застройку в зависимости от ее морфологических параметров (высоты, плотности, контрастности) до сих пор не найдено [284].

Так Методы–2017 [38] в разделе IX Метод расчета рассеивания выбросов ЗВ в атмосферном воздухе с учетом влияния застройки определяет для каких зданий с учетом взаимного расположения источника выбросов и здания требуется

проводить расчет с учетом влияния застройки. Так не подлежат учету здания и сооружения высотой менее 5 м, а также здания и сооружения, максимальный линейный размер которых по горизонтали не превышает 10 м.

Все рассматриваемые здания аппроксимируются прямоугольными параллелепипедами, а здания, имеющие сложную форму, аппроксимируются несколькими параллелепипедами (рисунок 5.12).

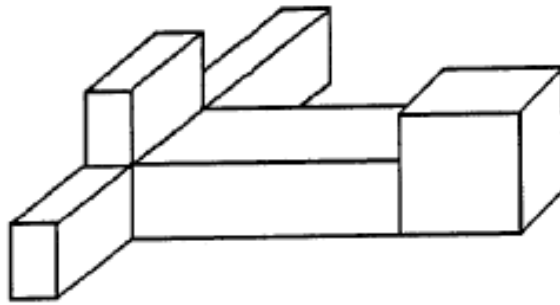


Рисунок 5.12 — Аппроксимация зданий сложной формы.

Для каждого здания выделяют три зоны ветровых теней (рисунок 5.13):

- зона подветренной тени (зона I);
- зона крышной тени (зона II);
- зона наветренной тени или зона подпора (зона III);

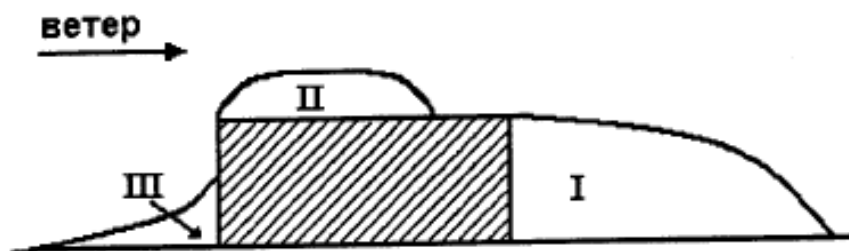


Рисунок 5.13 — Ветровые тени здания: - зона подветренной тени (зона I); - зона крышной тени (зона II); - зона наветренной тени или зона подпора (зона III);

На рисунке 5.13 штриховкой обозначено сечение здания, проведенное вдоль направления ветра, сплошными линиями обозначены границы зон ветровых теней I, II и III.

В дальнейшем весь расчет сводится к определению поправки $\widehat{\eta}_m$ в уравнение (5.2) для максимальной концентрации с учетом застройки

$$\widehat{C}_m = C_m \cdot \widehat{\eta}_m, \quad (5.2)$$

где C_m — максимальная концентрация ЗВ, полученная без учета влияния застройки; $\widehat{\eta}_m$ — поправка, учитывающая влияние застройки.

В Разделе VII Методов–2017 [38] «Учет влияния рельефа местности при расчете рассеивания выбросов ЗВ в атмосферном воздухе» определяется, каким образом в расчетах рассеивания учитывается рельеф местности.

Влияние рельефа местности на максимальную приземную концентрацию C_m ЗВ от одиночного точечного источника выброса учитывается безразмерным коэффициентом η . В случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, $\eta = 1$.

Если перепад высот превышает 50 м на 1 км, то коэффициент η устанавливается на основе анализа картографического материала, характеризующего рельеф местности в окрестности радиусом $R=50 \cdot H_m$, где H_m - высота наиболее высокого из источников выбросов, расположенных на одном или нескольких земельных участках, в пределах которых расположен конкретный объект, оказывающий негативное воздействие на окружающую среду (далее - промплощадка). При этом R не должно быть менее 2 км.

В качестве характерных объектов рельефа местности выделяют гряду, гребень, холм ложбину, долину, котловину, впадину и уступ (рисунок 5.14), где h_0 – высота (глубина) характерного объекта рельефа; a_0 – полуширина характерного объекта рельефа; x_0 – расстояние до источника выброса.

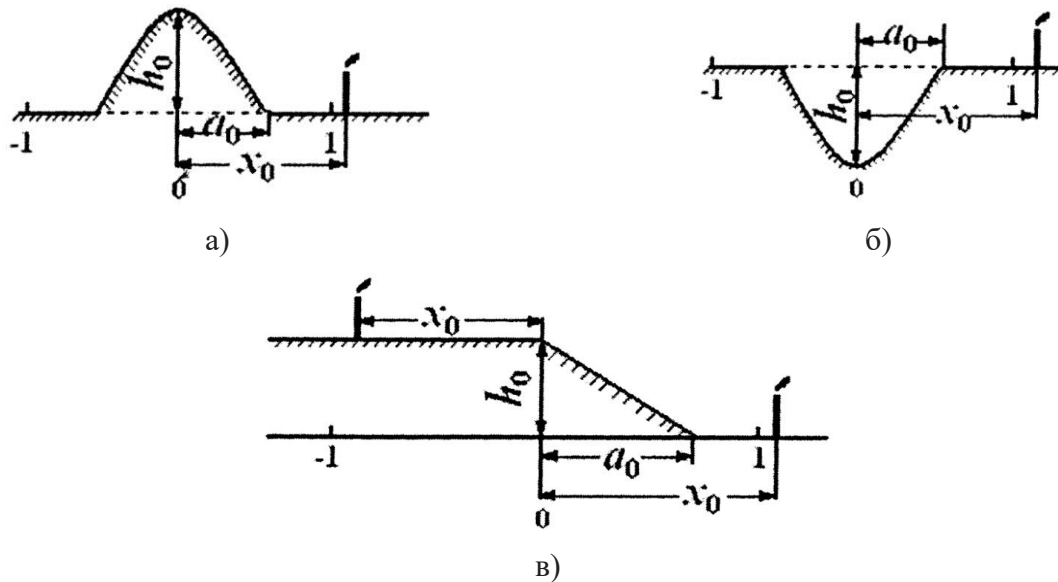


Рисунок 5.14 — Характерные объекты рельефа местности и варианты расположения источников выбросов: а) гряда, гребень, холм; б) ложбина, долина, котловина, впадина; в) уступ

5.4. Математическая постановка задачи и математическая модель процессов тепломассопереноса в приземных слоях атмосферы

В качестве системы уравнений для моделирования загрязнения приземных слоев атмосферного воздуха используется уравнения Навье-Стокса, осреднённые по Рейнольдсу (RANS), и аналогичные системе уравнений, описанной в главе III, которые необходимо дополнить соответствующими начальными и граничными условиями.

Моделирование дисперсии и граничных условий для CFD моделей изучены в работах [286, 287]. Городской микроклимат очень динамичен в пределах приземного пограничного слоя атмосферы, и на него оказывают существенное влияние различного рода пространственные препятствия и тепловые свойства зданий, дорог, растительности, водоемов и т. д. [288]. В частности характер ветрового потока в городе может быть очень сложен для моделирования, что связано с формированием внутри застройки застойных и/или рециркуляционных зон [289], что, в свою очередь, влияет на рассеивание загрязняющих веществ [290].

Приземный пограничный слой атмосферы — это самая нижняя область тропосферы, которая находится под непосредственным влиянием земной поверхности и подвержена резким изменениям температуры, скорости и направления ветра, влажности и высоты слоя перемешивания [291]. Рассеяние загрязняющих веществ в этом слое основном определяется классом устойчивости атмосферы (классы А-Г: от чрезвычайно нестабильного до чрезвычайно стабильного) и высотой перемешивания по вертикали [292], а конфигурация зданий играет важную роль в определении рассеивания загрязняющих веществ на микроуровне [293].

Математическая модель тепломассопереноса в приземных слоях атмосферы состоит из системы нелинейных основных дифференциальных уравнений в частных производных (законов сохранения массы, импульса и энергии) и дополнительных уравнений, необходимых для ее замыкания, и в целом аналогична системе уравнений, описанных в главе III.

Основные отличия заключаются в задании начальных и граничных условий, и используемых моделях турбулентности.

Необходимо отметить, что используемое для проведения моделирования свободное программное обеспечение применяется для решения широкого спектра задач, в том числе, для исследования и анализа ветрового режима территорий. OpenFOAM имеет в составе стандартных граничных условий базовый класс *atmBoundaryLayer* для обработки граничных условий на входе, обеспечивая граничные условия на входе по нормали к земле по логарифмическому закону для скорости ветра и величин турбулентности для однородного, двумерного, сухого воздуха, равновесного и нейтрального атмосферного пограничного слоя, который позволяет использовать соответствующие граничные условия на входе в расчетную область, при этом изменение профиля скорости и характеристики турбулентности могут легко корректироваться в случае необходимости [294]. FDS также позволяет использовать несколько моделей граничных условий для атмосферных течений, включая профили скорости и температуры, основанные на теории подобия Мони́на-Обухова [295].

Геометрия расчетной области для атмосферных течений, в отличие от геометрии производственных цехов, не ограничена стенами или другими непроницаемыми преградами. В связи с этим одним из первых вопросов, который встает перед исследователями какими должны быть размеры расчетной области и как они соотносятся с размерами исследуемой модели. В настоящее время нет однозначного ответа на этот вопрос. Однако, все сходятся во мнении, что течение на границах расчетной области не должно оказывать влияние на течение внутри исследуемой модели и предлагают располагать исследуемую область (рисунок 5.15) на расстоянии не менее пяти высот от передней (входной) и боковых границ, не менее пятнадцати высот от задней (выходной) границе, а верхнюю границу устанавливать на расстоянии не менее пяти-шести высот самого высокого здания исследуемой модели [296–301]

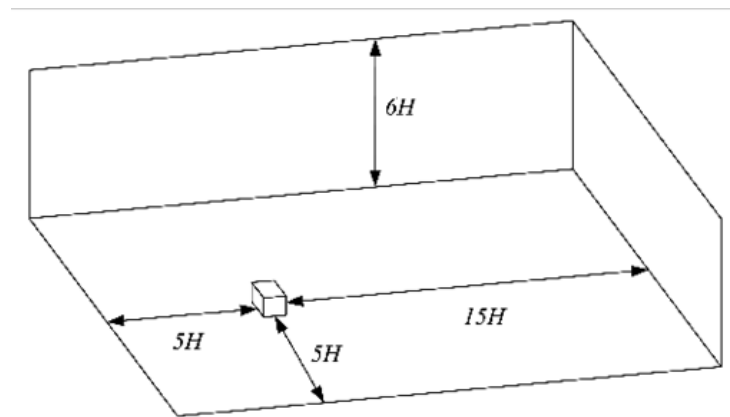


Рисунок 5.15 — Граница расположения расчетной области (H — высота самого высокого здания исследуемой модели)

На первом этапе целесообразно рассмотреть создание расчетных сеток для исследования обтекания ветровым потоком отдельных зданий. На рисунке 5.16 представлены 3D–модель и расчетная сетка для здания, длинная сторона которого расположена параллельно набегающему потоку ветра, построенные в программе FDS.

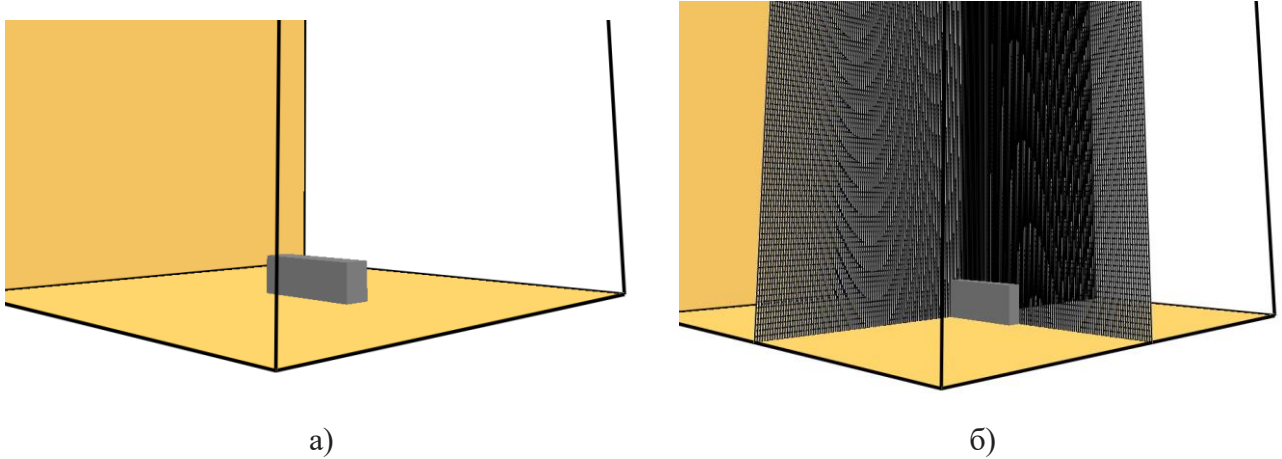


Рисунок 5.16 — Модель отдельно стоящего здания: а) 3D–модель; б) расчетная сетка.

На рисунке 5.17 представлена геометрическая модель одного из кварталов плотной городской застройки города Москвы

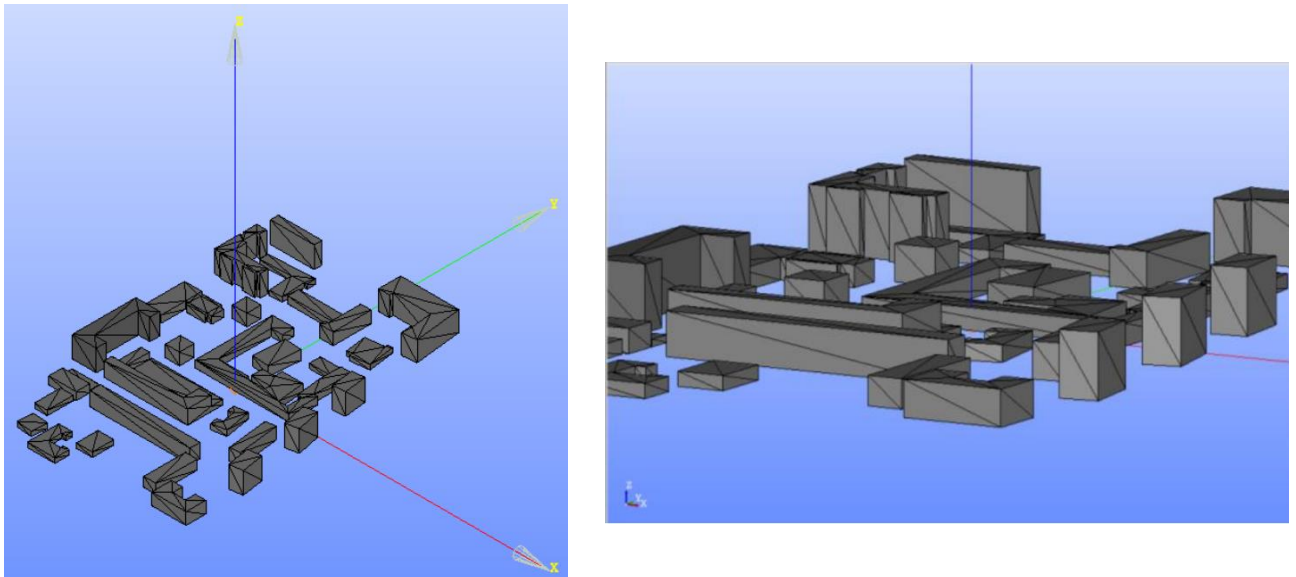


Рисунок 5.17 — 3D–модель городского квартала.

Следующим шагом необходимо создание расчетной сетки. Для зоны, входящей в пределы интересующей области, строится поверхностная сетка, соответствующая исследуемому участку. Сетка должна быть более «мелкой» в зонах с большими градиентами исследуемых переменных.

Результат построения расчетной сетки с использованием утилиты snappyHexMesh (OpenFOAM) представлен на рисунке 5.18.

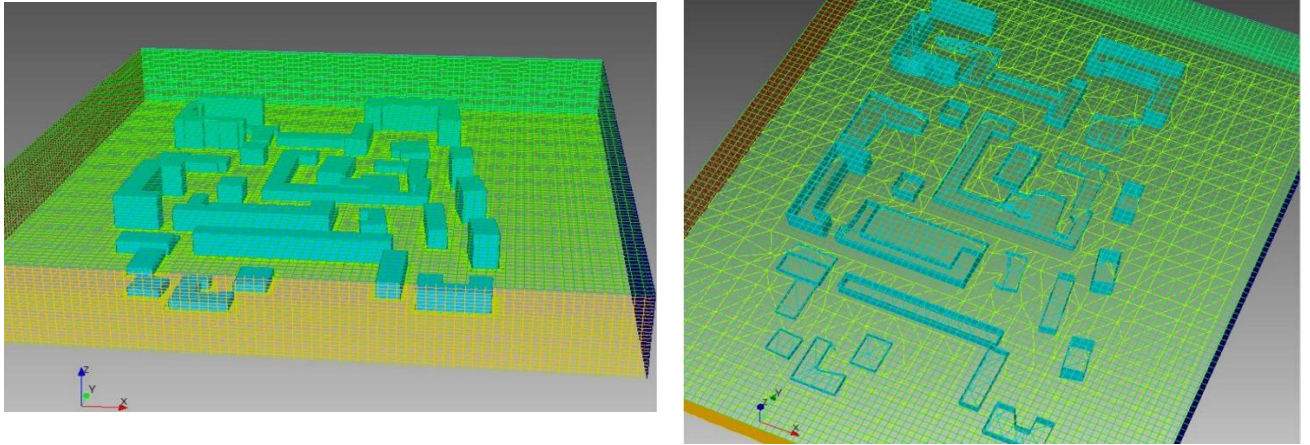


Рисунок 5.18 — Расчетная сетка.

Особенности сложного рельефа местности учитываются аналогичным образом. На рисунке 5.19 представлены 3D–модели характерных объектов рельефа местности.

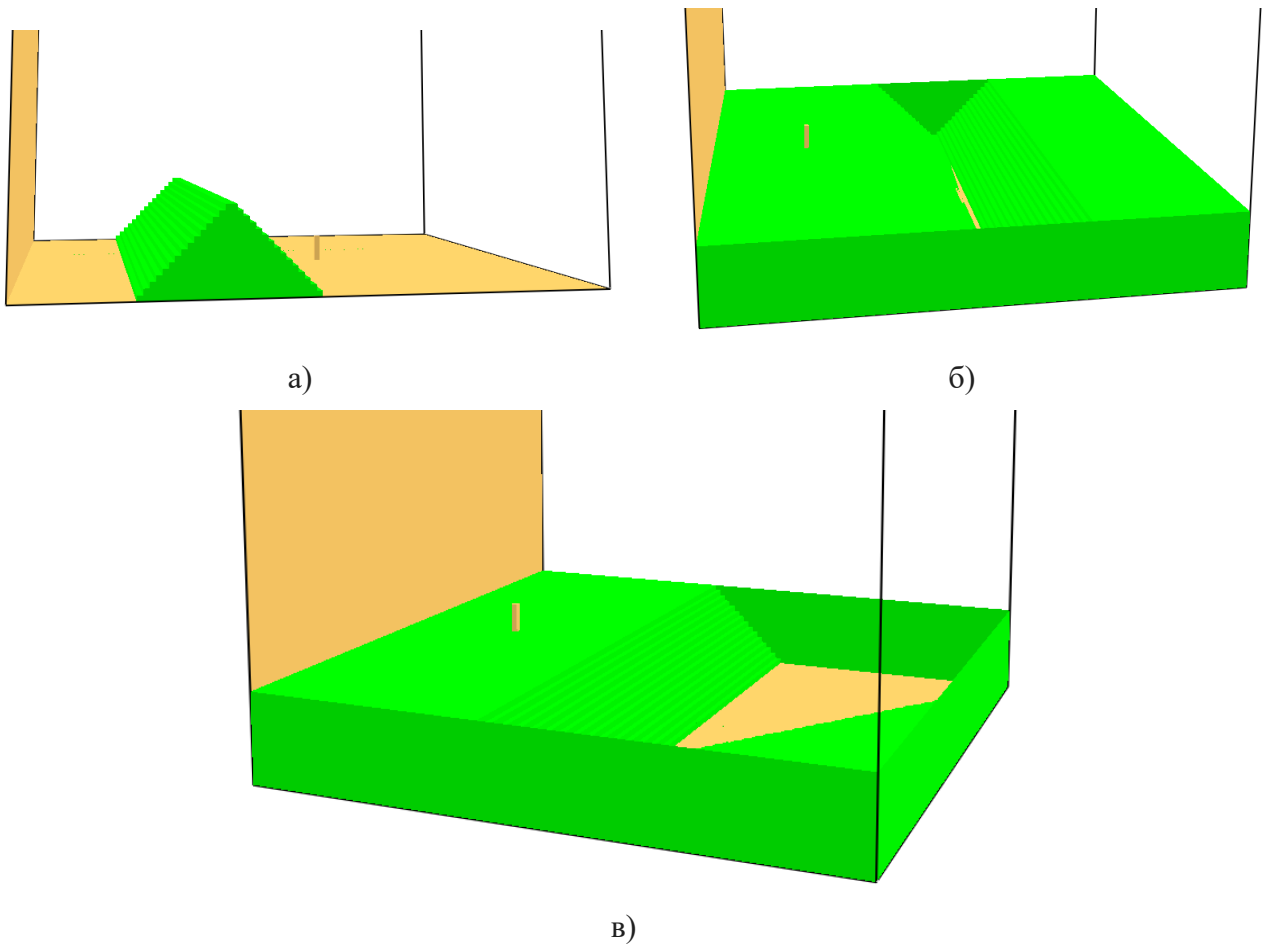


Рисунок 5.19 — 3D–модели характерных объектов рельефа местности: а) - гряда, гребень, холм; б) - ложбина, долина, котловина, впадина; в) - уступ

На рисунке 5.20 представлены сеточные разбиения расчетных областей с характерными объектами рельефа местности.

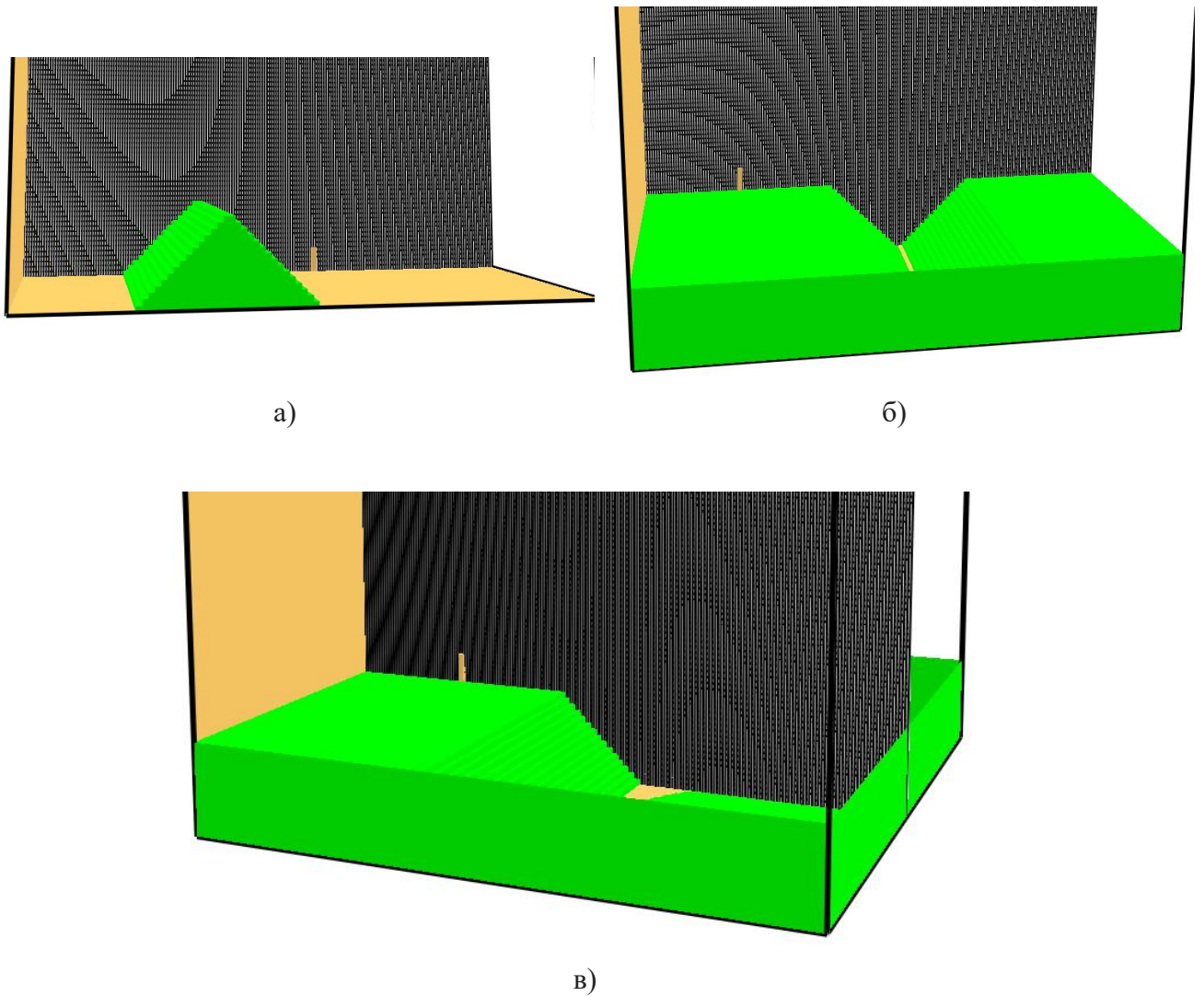
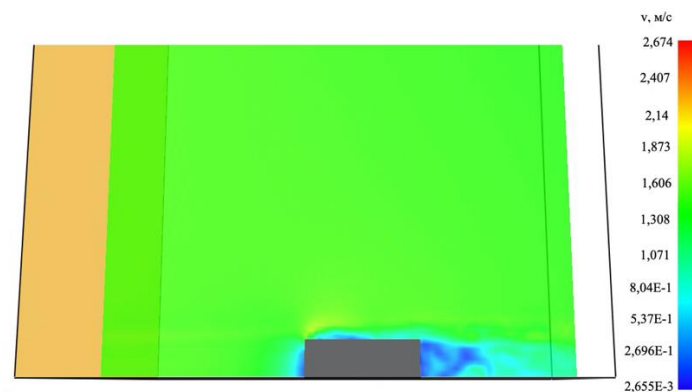


Рисунок 5.20 — Сеточное разбиение расчетных областей с характерных объектов рельефа местности: а) - гряда, гребень, холм; б) - ложбина, долина, котловина, впадина; в) – уступ

5.6. Расчеты рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы в районе размещения обувного предприятия и анализ их результатов

Перед расчетами рассеивания загрязняющих веществ целесообразно провести аэродинамические расчеты чтобы оценить ветровой режим в непосредственной близости как у одиночных зданий, так и в плотной застройке, и на местности со сложным рельефом.

На рисунке 5.21 представлены поля скоростей около отдельно стоящего здания, расположенного параллельно направлению ветра. На рисунке 5.22 показан вертикальный разрез, построенный по оси симметрии здания, на котором видны три зоны ветровых теней зона подветренной тени, зона крышной тени и зона наветренной тени или зона подпора.



а)

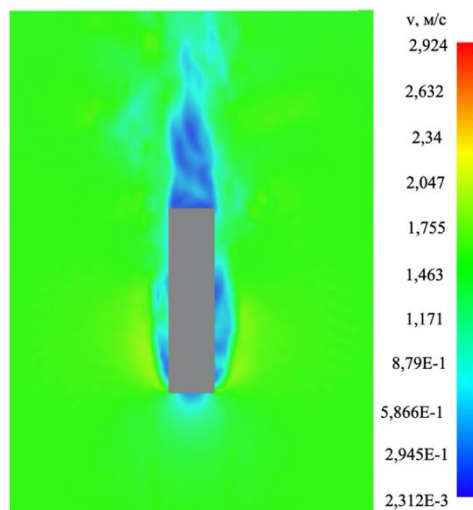


Рисунок 5.21 — Поля скоростей около отдельно стоящего здания, расположенного параллельно направлению ветра: а) вертикальный разрез; б) горизонтальный разрез на уровне 4 м от поверхности Земли

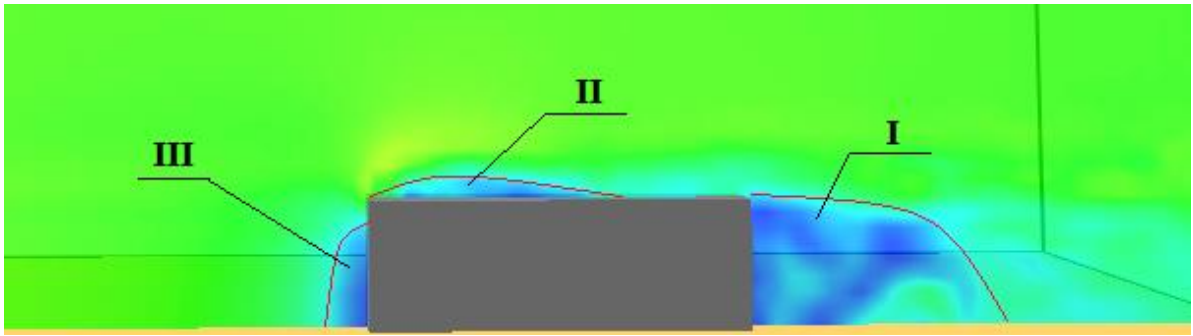
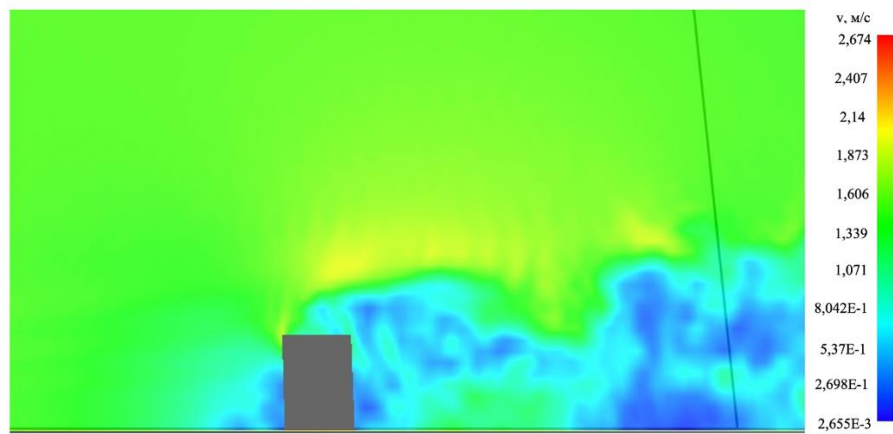
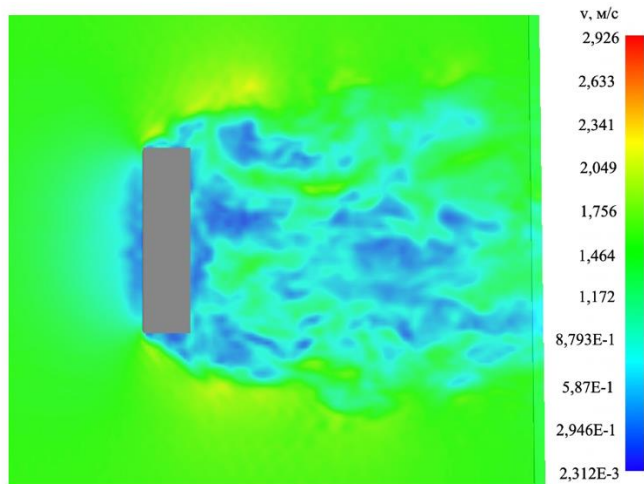


Рисунок 5.22 — Ветровые тени на модели здания: I — зона подветренной тени; II — зона крышной тени; III — зона наветренной тени или зона подпора;

На рисунке 5.23 представлены поля скоростей около отдельно стоящего здания, расположенного перпендикулярно направлению ветра.



а)



б)

Рисунок 5.23 Поля скоростей (м/с) около отдельно стоящего здания, расположенного перпендикулярно направлению ветра: а) вертикальный разрез; б) горизонтальный разрез на уровне 4 м от поверхности Земли.

На рисунке 5.24 представлен горизонтальный разрез векторного поля скоростей около отдельно стоящего здания, расположенного перпендикулярно направлению ветра, на высоте 4 метра от поверхности Земли, на котором отчетливо видны застойные и рециркуляционные зоны.

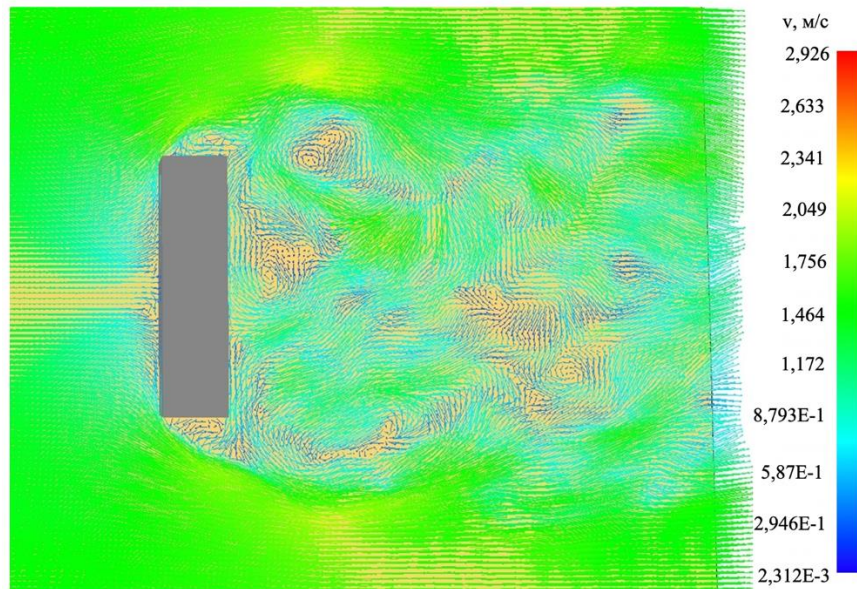


Рисунок 5.24 — Векторное поле скорости на высоте 4 метра около отдельно стоящего здания, расположенного перпендикулярно направлению ветра.

В результате расчетов с использованием модели городского квартала получены характеристики ветрового режима внутри городского квартала. Некоторые результаты расчетов представлены на рисунке 5.25.

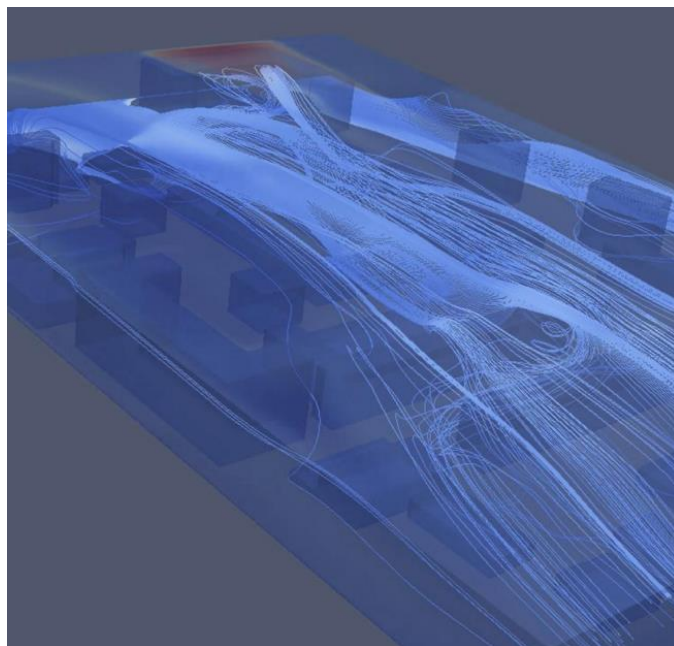


Рисунок 5.25 — Линии тока внутри городского квартала при северном направлении ветра.

В качестве примера распространения загрязняющих веществ рассмотрим выбросы ацетона из отдельно стоящего источника выбросов высотой 5 метров, расположенного в непосредственной близости от здания высотой 8 метров. Условно принято для общности расчетов, что массовый выброс ацетона составляет 10 г/с, а скорость в устье источника выброса составляет 5 м/с. Температура газовой смеси равна температуре окружающей среды и составляет 20°C. Средняя скорость ветра, имеющего профиль характерный для приземного пограничного слоя, также принята равной 1,5 м/с.

На рисунках 5.26 и 5.27 представлены поля расчетных концентраций и визуализация области распространения (факела выброса) ацетона

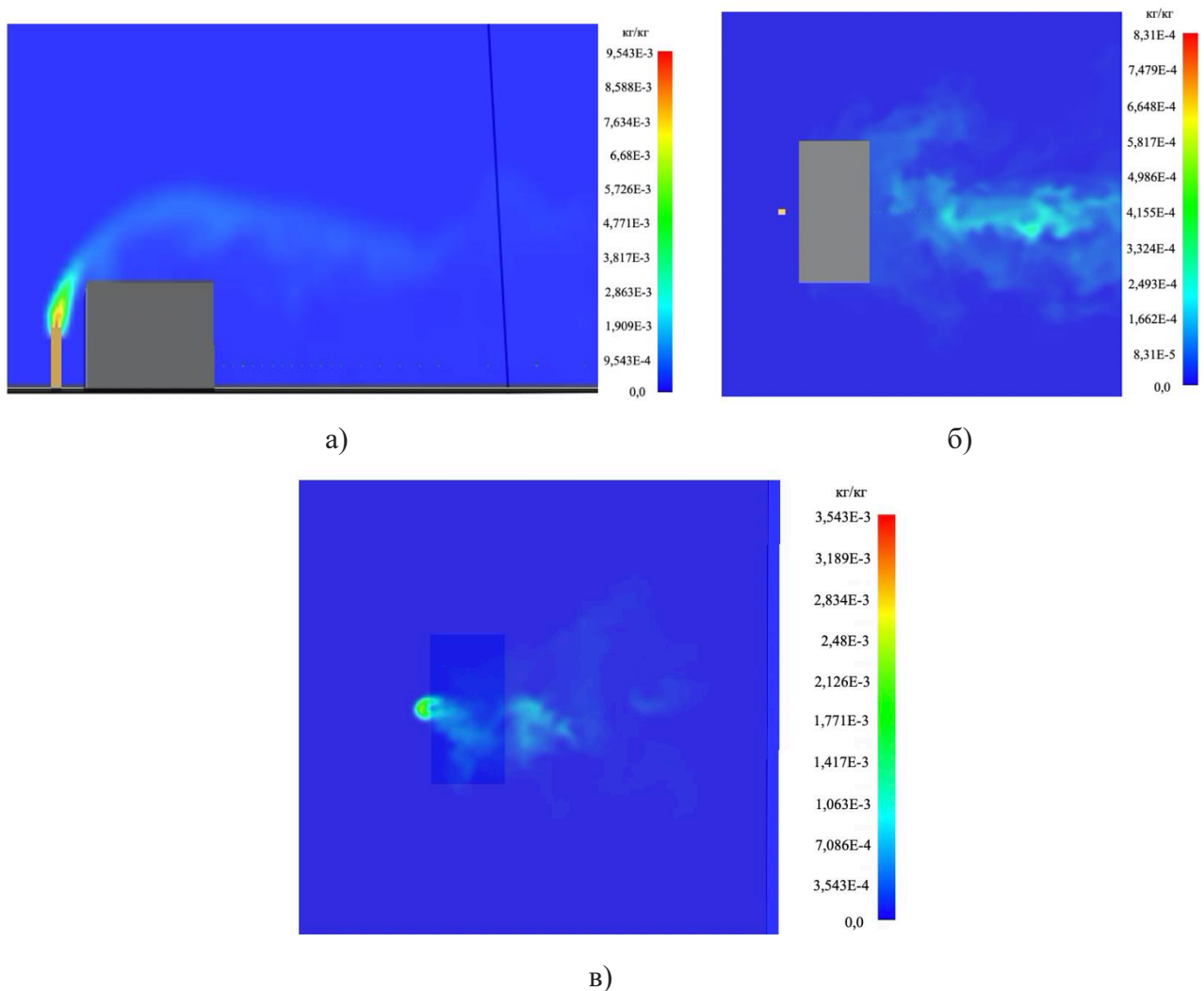


Рисунок 5.26 — Поле расчетной концентрации ацетона (кг/кг): а) вертикальный разрез; б) горизонтальный разрез на высоте 2 метра от поверхности Земли; в) горизонтальный разрез на высоте 9 метров от поверхности Земли

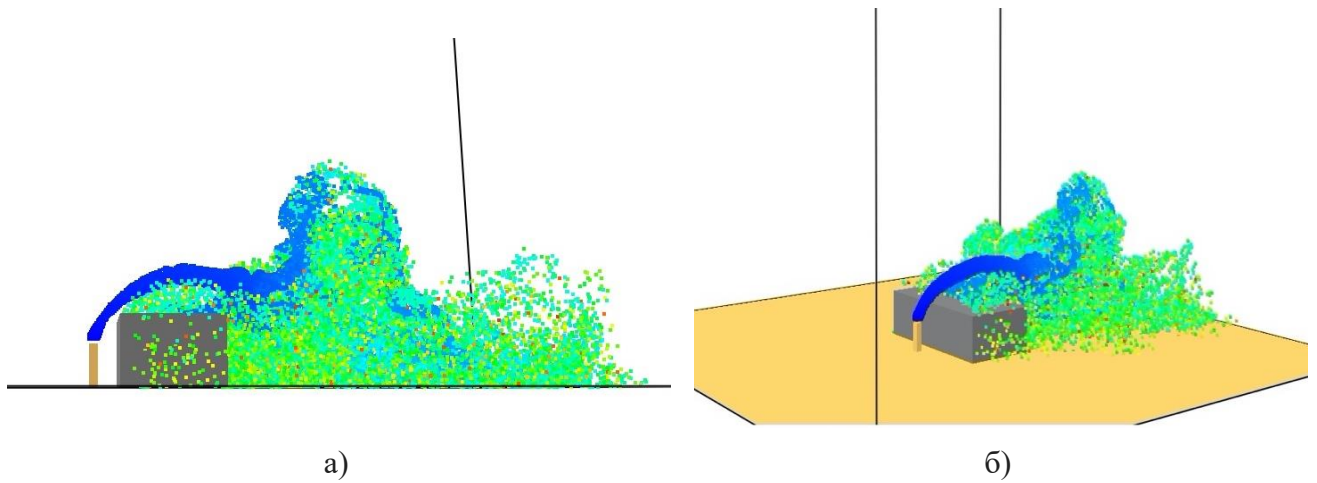


Рисунок 5.27 — Визуализация области распространения (факела выброса) ацетона:
 а) визуализация области распространения (факела выброса) ацетона (вертикальная плоскость);
 б) визуализация области распространения (факела выброса) ацетона (3D).

На рисунке 5.28 показано распределение концентраций ацетона на высоте 2 м от поверхности Земли по оси факела выброса за зданием общей шириной 12 метров (стена здания расположена на отметке 6 м по оси абсцисс).

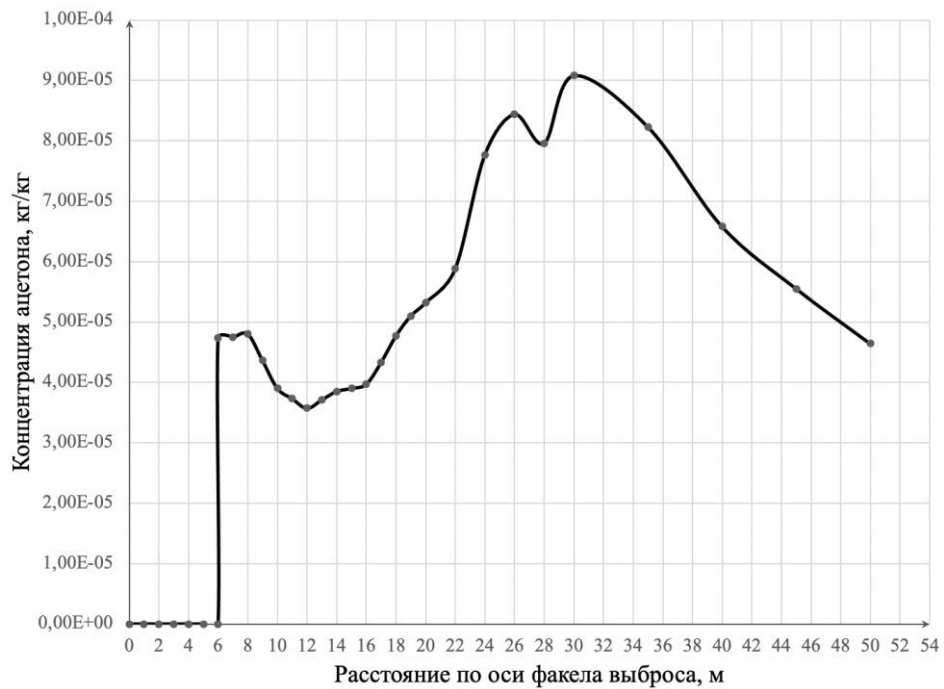


Рисунок 5.28 — Концентрации загрязняющих веществ на высоте 2 м над уровнем Земли по оси факела выброса.

Представленные результаты расчетов наглядно показывают сложный характер распределения полей концентраций в непосредственной близости от зданий, а также в условиях плотной застройки и сложного рельефа местности. Моделирование такого сложного распределения практически невозможно без использования мощного аппарата вычислительной гидродинамики.

Таким образом, в рамках единого подхода с использованием вычислительной гидродинамики проведено моделирование негативного воздействия технологических процессов обувных предприятий начиная от уровня отдельной технологической операции и отдельных цехов и заканчивая оценкой воздействия на территорию предприятия в целом и близ расположенную территорию города или окружающей среды. Необходимо отметить, что и моделирование технологических аппаратов–пылегазоуловителей реализовано в рамках того же подхода.

ВЫВОДЫ ПО V ГЛАВЕ

1. Отмечено, что образующиеся в технологическом процессе загрязняющие вещества попадают в атмосферный воздух по средствам систем организованного (системы вентиляции) и неорганизованного (неплотности ограждающих конструкций) воздухообмена практически в неизменном объеме, за исключением случаев использования специальных систем газоочистки.

2. Показано, что в настоящее время для моделирования процессов пылеочистки широко используется современное программное обеспечение, предназначенное для решения задач вычислительной гидродинамики (CFD), что позволяет в рамках единого подхода, предложенного в данном исследовании, смоделировать работу систем пыли и газоочистки.

3. В результате данного исследования показано, что возможно осуществить полный цикл моделирования процессов пылеулавливания в сухих гравитационных и инерционных пылеуловителях исключительно с использованием свободного программного обеспечения, в рамках единого подхода, как и все моделирование в данном исследовании.

4. Дана характеристика загрязнения приземных слоев воздуха выбросами обувных предприятий, определены факторы, оказывающие влияние на распространение загрязняющих веществ в атмосфере.

5. Существующие методы расчета рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы не позволяют в полной мере учесть влияние особенностей рельефа местности и характера городской застройки.

6. Разработана математическая модель тепломассопереноса в приземном слое атмосферы, состоящая из системы основных дифференциальных уравнений (законов сохранения массы, импульса и энергии) и дополнительных уравнений, необходимых для ее замыкания.

7. Разработан алгоритм расчета теплопереноса и распространения вредных веществ в приземном слое атмосферы с учетом рельефа местности и характера застройки. Определены основные этапы моделирования.

8. Представлена программная реализация разработанного алгоритма. В качестве программного обеспечения для реализации алгоритма расчетов предложено использовать свободное программное обеспечение.

9. Проведены расчеты рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы в районе размещения обувного предприятия и анализ их результатов.

10. В рамках единого подхода с использованием вычислительной гидродинамики проведено моделирование негативного воздействия технологических процессов обувных предприятий начиная от уровня отдельной технологической операции и отдельных цехов и заканчивая оценкой воздействия на территорию предприятия в целом и близ расположенную территорию города или окружающей среды. Необходимо отметить, что и моделирование технологических аппаратов–пылегазоуловителей реализовано в рамках того же подхода.

ГЛАВА VI. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ОБУВНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

6.1. Особенности гигиенического нормирования загрязнения атмосферного воздуха

В главе I подробно описаны современные нормативные требования к воздушной среде, причем как к воздуху рабочей зоны, так и к воздуху населенных мест.

В данном разделе подробно рассмотрим принципы нормирования качества атмосферного воздуха населенных мест, т. е. территорий расположенных за пределами санитарно-защитных зон (СЗЗ) промышленных предприятий.

Граница СЗЗ, как правило, является границей селитебной территории, т. е. территории, предназначенной для размещения объектов жилого фонда, общественных зданий и сооружений, улиц, площадей парков, садов, зон отдыха и других объектов деятельность которых не оказывает воздействия, требующего специальных санитарно-защитных зон.

В соответствии с п. 70 [35] не допускается превышение гигиенических нормативов содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе:

в жилой зоне – $\leq 1,0$ ПДК (ОБУВ);

на территории, выделенной в документах градостроительного зонирования, решениях органов местного самоуправления для организации курортных зон, размещения санаториев, домов отдыха, пансионатов, туристских баз, организованного отдыха населения, в том числе пляжей, парков, спортивных баз и их сооружений на открытом воздухе, а также территориях размещения лечебно-профилактических учреждений длительного пребывания больных и центров реабилитации – $\leq 0,8$ ПДК (ОБУВ) [35].

Для территорий, находящихся за пределами территорий городских и сельских поселений, гигиенические нормативы качества атмосферного воздуха, закрепленные в санитарных правилах и нормативах, отсутствуют, так как эти

территории не являются подконтрольными федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор). Для таких территорий требования к качеству атмосферного воздуха могут устанавливаться в зависимости, как на пример в [36], от вида экосистем, расположенных на этих территориях.

Интенсивность воздействия на окружающую среду будет выражаться образованием разного рода отходов, материальных и энергетических. К материальным отходам можно отнести выбросы в воздушную среду, образование сточных вод, различного происхождения (производственных, хозяйственно-бытовых и ливневых и талых вод) и образование твердых отходов – промышленных и коммунальных. К энергетическим загрязнениям (выбросам), как правило, относят тепловые выбросы, шум, ультра- и инфразвук, вибрации, электромагнитные поля и излучения, ионизирующее излучение и другие.

Нормирование нацелено на всесторонний учет всех источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и нормирование их основных параметров (как правило, это приводит к охвату весьма широкого перечня загрязняющих веществ, который в последнее время претерпел серьезные сокращения [302]. В процессе нормирования центральную роль играет инвентаризация источников выбросов вредных веществ.

Правила установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ для проектируемых и действующих хозяйствующих субъектов устанавливаются национальным стандартом Российской Федерации [303].

Нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ) устанавливают для каждого конкретного стационарного источника загрязнения атмосферного воздуха (ИЗАВ) и хозяйствующего субъекта в целом, а также его отдельных (обособленных) производственных территорий. Для совокупности мелких организованных и (или) неорганизованных источников (вентиляционные выбросы из одного производственного помещения, от одной технологической установки в помещении или на открытом воздухе и т. п.) рассчитывают единый (суммарный) норматив ПДВ [303].

Под предельно допустимым выбросом понимают норматив выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который определяется как объем или масса химического вещества либо смеси химических веществ, микроорганизмов, иных веществ, как показатель активности радиоактивных веществ, допустимый для выброса в атмосферный воздух стационарным источником и (или) совокупностью стационарных источников, и при соблюдении которого обеспечивается выполнение требований в области охраны атмосферного воздуха [4].

Устанавливаемые нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ) характеризуются максимально-разовыми (г/с) и валовыми (т/год) значениями выбросов. Максимально разовые значения предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ характеризуют выброс загрязняющего вещества в течение одной секунды, полученный осреднением за двадцатиминутный интервал времени при котором ИЗАВ выбрасывает максимально возможную массу загрязняющего вещества. Валовый выброс характеризует суммарную массу выбросов загрязняющего вещества в течение года с учетом времени работы оборудования.

При определении нормативов допустимых выбросов (ПДВ) применяют методы расчетов рассеивания выбросов веществ в атмосферном воздухе [38] и учитывают не только санитарно-гигиенические, но и экологические нормативы качества атмосферного воздуха.

Если значения ПДВ не могут быть достигнуты по причинам объективного характера, возможно установление временно разрешенного выброса (ВРВ), показателя объема или массы вредного (загрязняющего) вещества, устанавливаемый для действующего стационарного источника и (или) совокупности действующих стационарных источников на период поэтапного достижения предельно допустимого выброса или технологического норматива выброса [4].

6.2. Эколого-экономический критерий оценки негативного воздействия промышленного предприятия на атмосферный воздух

Вопрос о введении платы за загрязнение окружающей среды начал рассматриваться в бывшем СССР на рубеже середины 80-х годов прошлого века и на тот период представлялся остро дискуссионным, несмотря на очевидную необходимость усиления ответственности предприятий-природопользователей за их влияние на окружающую среду. Впервые принципы платного природопользования были закреплены законодательно в Постановлении Совета Министров РСФСР «Об утверждении на 1991 год нормативов платы за выбросы загрязняющих веществ в природную среду и порядка их применения» от 9 января 1991 года №13. Данным постановлением устанавливались базовые нормативы платы за предельно допустимые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и за их превышение по каждому ингредиенту загрязняющего вещества с учетом его опасности для окружающей среды и здоровья человека. В качестве критерия использовался показатель относительной опасности вещества [304] – величина обратная предельно-допустимой концентрации (ПДК) этого вещества (6.1):

$$A_i = \frac{1}{\text{ПДК}_i}, \quad (6.1)$$

где: ПДК_i для атмосферного воздуха принимается предельно допустимая концентрация среднесуточная ($\text{ПДК}_{\text{сс}}$); ПДК_i для водных объектов принимается предельно допустимая концентрация в воде рыбохозяйственных водоемов ($\text{ПДК}_{\text{рх}}$); i - загрязняющее вещество.

При отсутствии $\text{ПДК}_{\text{сс}}$ применяется предельно допустимая максимально разовая концентрация ($\text{ПДК}_{\text{мр}}$), при отсутствии $\text{ПДК}_{\text{сс}}$ и $\text{ПДК}_{\text{мр}}$ применяется ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ). При отсутствии $\text{ПДК}_{\text{рх}}$ применяются предельно допустимая концентрация вещества в воде, водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования или ОБУВ [304].

Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных мест - гигиенический норматив, утверждаемый

постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации по рекомендации Комиссии по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию при Минздраве России. ПДК загрязняющего вещества в атмосферном воздухе - концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни [10].

Предельно допустимая концентрация веществ в воде [10] – это концентрация веществ в воде, выше которой вода непригодна для одного или нескольких видов водопользования.

Плата за выбросы загрязняющих веществ [304] в размерах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы выбросов (6.2)

$$Mi_{\text{атм}} \leq Mni_{\text{атм}}, \quad (6.2)$$

где: $Mi_{\text{атм}}$ – фактический выброс i -го загрязняющего вещества (т); $Mni_{\text{атм}}$ – предельно допустимый выброс i -го загрязняющего вещества (т) определяется путем умножения соответствующих ставок платы на величину загрязнения и суммирования полученных произведений по видам загрязняющих веществ (6.3):

$$Пн_{\text{атм}} = \sum_{i=1}^n Cni_{\text{атм}} \cdot Mi_{\text{атм}}, \quad (6.3)$$

где: $Пн_{\text{атм}}$ – плата за выбросы загрязняющих веществ в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы выбросов (руб.); $Cni_{\text{атм}}$ – ставка платы за выброс 1 тонны i -го загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов выбросов (руб.) (6.4);

$$Cni_{\text{атм}} = Нби_{\text{атм}} \cdot Кэ_{\text{атм}}, \quad (6.4)$$

где: $Нби_{\text{атм}}$ – базовый норматив платы за выброс 1 тонны i -го загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов выбросов (руб.); $Кэ_{\text{атм}}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в данном регионе.

Порядок расчета платы за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия утвержден Постановлением Правительства РФ от 03.03.2017 №255 «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду» [304].

Нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления установлены Постановлением Правительства РФ от 13.09.2016 № 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах».

Сумма платы рассчитывается отдельно по каждому загрязняющему веществу и отходу, а также по каждому виду топлива для передвижных объектов. При расчете платы за выбросы нужно учитывать коэффициенты экологической значимости региона и дополнительные коэффициенты 2 и 1,2. При расчете платы за сбросы - коэффициенты экологической значимости региона, дополнительный коэффициент 2 и коэффициент для взвешенных веществ. Коэффициенты, учитывающие инфляцию платы за негативное воздействие на окружающую среду, устанавливаются каждый год Федеральным законом «О федеральном бюджете».

С учетом этих коэффициентов плата за выбросы загрязняющих веществ в размерах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы выбросов рассчитывается по формуле (6.5)

$$P_{\text{атм}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{ни}} i_{\text{атм}} \cdot M i_{\text{атм}} \cdot K_{\text{ин}}, \quad (6.5)$$

где $K_{\text{ин}}$ – коэффициент индексации платы за негативное воздействие на окружающую среду.

В настоящее время базовые нормативы платы установлены для 225 загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу. Диапазон базовых ставок составляет от 0,05 р/т для гексана до 2049801 р/т для бенз(а)пирена.

Аналогичная ситуация складывается с платежами за сбросы, где установлены базовые ставки для 143 загрязняющих веществ.

Мировой и российский опыт показывают, что для столь детализированное установление платы не вполне оправданно и сложно. Существуют предложения об ограничении перечня загрязняющих веществ, по которым установлена плата за загрязнение до 20–30 наименований, включая наиболее значимы взвешенные вещества, оксиды азота, серы, углерода и некоторые другие.

В [305] представлен анализ четырех основных подходов к уточнению и совершенствованию системы платы за загрязнение:

«В рамках первого подхода основу платежа за загрязнение должна составлять экономическая оценка ущерба, возникшего в результате данного загрязнения. Оценка ущерба представляет собой прямые и косвенные экономические и экологические потери в денежном выражении в результате негативного воздействия на окружающую среду. Однако реализация данного подхода сопряжена с определенными трудностями из-за отсутствия согласованных методик оценки ущерба. В ряде исследований были осуществлены попытки такой оценки, которые показали, что в настоящее время предприятия российской экономики наносят окружающей среде ущерб в таком объеме, который ей совершенно не под силу возместить. Согласно результатам исследований, проводимых в Институте народнохозяйственного прогнозирования РАН, общий ущерб окружающей среде в РФ составляет по одним оценкам более 10% ВВП, по другим – до 15% ВВП.

Второй подход основан на оценке готовности и способности общества выделять средства на мероприятия по охране окружающей среды. Общие суммы экологических платежей определяются, исходя из объема природоохранных затрат в предшествующие годы и представлении об их возможном и целесообразном росте. Общая сумма предполагаемых платежей распределяется среди загрязняющих предприятий в соответствии с объемом негативного воздействия, с учетом вредности загрязняющего вещества и местной экологической ситуации. Хотя действующая в России методика исчисления платежей за загрязнение провозглашает первый подход (так как в основу базового норматива платежа положен удельный ущерб за загрязнение), фактически при ее использовании на практике действует второй подход. Таким образом, рассмотренные выше

недостатки современного исчисления экологических платежей являются одновременно и недостатками рассматриваемого подхода.

Третий подход базируется на оценке затрат, необходимых для предотвращения негативного воздействия на окружающую среду. Он не получил распространения из-за трудности оценки таких затрат.

По четвертому подходу ставки платежей рассчитываются исходя из стоимости чистого ресурса (воды, воздуха), необходимого для разбавления загрязненного ресурса, позволяющего довести содержание загрязняющих веществ в данном ресурсе до уровня предельно допустимой концентрации (ПДК). Данный метод в связи со сложностью его применения (например, для воздуха) практически неосуществим...»

Автором предлагается новый метод оценки [306], принципиально базирующийся на четвертом подходе и показателе относительной опасности вещества. Основным смысл данного критерия, если рассматривать его размерность – м³/мг, может быть охарактеризован, учитывая принципы установления ПДК, как необходимое количество «чистого» ресурса (воздуха, воды) для разбавления 1 мг вещества до безопасного состояния. Введя понятие «условно чистого ресурса (воздуха, воды)», то есть такого ресурса, в котором концентрация загрязняющего вещества равняется 1 ПДК, можно установить единый базовый норматив платы за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ – стоимость 1 м³ «условно чистого ресурса (воздуха, воды)». Определение стоимости 1 м³ «условно чистого ресурса может основываться на одном из первых трех подходов. Влияние предприятия на окружающую среду можно будет оценивать таким параметром как «необходимый годовой объем условно «чистого» ресурса $V_{уч\text{рес}}$:

- $V_{уч\text{атм}}$ - необходимый годовой объем условно «чистого» воздуха;

- $V_{уч\text{вод}}$ - необходимый годовой объем условно «чистой» воды.

которые можно рассчитать, например для воздуха, по формуле (6.6):

$$V_{уч\text{атм}} = 10^9 \sum_{i=1}^n \frac{M i_{\text{атм}}}{\text{ПДК}_i}, \quad (6.6)$$

где 10^9 – коэффициент перевода тонн в миллиграммы.

Предлагаемый подход позволяет, на основе существующей системы экологического нормирования, значительно упростить систему экологических платежей, сохраняя ее базовые принципы и повышающие коэффициенты – 5-кратный за превышение предельно-допустимых выбросов (ПДВ) но в пределах временно-согласованных выбросов (ВСВ) и 25-кратный – сверх ВСВ.

При необходимости предлагаемый подход легко применим для учета региональных особенностей, таких как фоновое загрязнение атмосферного воздуха (6.7), наличие особо охраняемых территорий или зон отдыха (6.8) и др.

$$V_{\text{уч}_{\text{атм}}} = 10^9 \sum_{i=1}^n \frac{M i_{\text{атм}}}{(\text{ПДК}_i - C\phi_i)}, \quad (6.7)$$

где $C\phi_i$ – фоновая концентрация i -го загрязняющего вещества в окружающей среде.

$$V_{\text{уч}_{\text{атм}}} = 10^9 \sum_{i=1}^n \frac{M i_{\text{атм}}}{(0,8 \cdot \text{ПДК}_i)}, \quad (6.8)$$

где 0,8 – коэффициент, в соответствии с [10].

На основе предлагаемого параметра проведем сравнение влияния на атмосферный воздух двух обувных предприятий ОП–1 и ОП–2 с одинаковым объемом выпуска, расположенных в Московской области и выпускающих детскую обувь. Данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух получены из Разрешений на выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух (далее – Разрешение) и представленных в таблице 6.1.

Как видно из таблицы, предприятия выбрасывают в атмосферу 23 и 20 загрязняющих веществ, соответственно, из которых 12 одинаковы для двух предприятий. Валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу составляет 3,642460301 т/год и 3,90477302 т/год, соответственно для ОП–1 и ОП–2.

Таблица 6.1 – Разрешенные выбросы вредных (загрязняющих) веществ

Наименование вредного вещества*	Класс опасности	ПДК, ОБУВ мг/м ³	Разрешенный выброс, т/год	
			ОП-1	ОП-2
Железа оксид	III	0,04	0,00102	0,0049
Марганец и его соед.	II	0,01	0,0000016	0,00021
Азота диоксид	III	0,2	0,19531	0,2451
Аммиак	IV	0,2	0,000004	-
Азота оксид	III	0,4	0,03174	0,03764
Соляная кислота	II	0,3	0,00249	-
Сажа	III	0,15	0,07073	0,00147
Ангидрид сернистый	III	0,5	0,32613	0,00108
Сероводород	II	0,008	0,000003	-
Углерода оксид	IV	5,0	0,31359	0,7546
Фтористые соединения	II	0,02	0,0000004	0,00032
Метан		50	0,00004	0,0039
Дивинил	IV	3,0	0,0000004	-
Изопрена олигомеры	III	0,003	0,0000008	-
Винилбензол	II	0,04	-	0,00162
Бенз(а)пирен	I	0,000001	0,0000001	0,00000002
Дихлорметан	IV	8,8	0,12	-
Этанол	IV	5,0	-	0,09405
Этиленгликоль		1,0	0,008	-
Этенилацетат (Винилацетат)	III	0,15	-	0,000063
Этилацетат	IV	0,1	1,77	0,9446
Пропан-2-он (Ацетон)	IV	0,35	-	1,2223
Метилмеркаптан	IV	0,0001	0,00000000075	-
Этилмеркаптан	III	0,00005	0,0000000003	-
Полиизоцианат		0,02	-	0,00011
Бензин	IV	5,0	0,80199	0,5838
Керосин		1,2	-	0,0047
Скипидар	IV	2,0	-	0,00333
Алканы C ₁₂ -C ₁₉	IV	1,0	0,00081	-
Пыль каучука		0,5	-	0,00098
Пыль абразивная		0,04	0,00060	-
ИТОГО:			3,642460301	3,90477302

* — наименование вредного вещества представлено в соответствии с его написанием в Разрешении.

На основании представленной информации сложно сделать обоснованный вывод о том, какое из предприятий оказывает большее негативное воздействие на окружающую среду с точки зрения загрязнения атмосферы. Расчеты $V_{уч,атм}$ по (6.6) показывают, что для ОП–1 и ОП–2 величина необходимого годового объема условно «чистого» воздуха составит $20,27 \cdot 10^9$ м³ и $14,79 \cdot 10^9$ м³, соответственно, при этом учитывается как количество выбрасываемых в атмосферу веществ, так и их опасность.

Таким образом разработанный критерий позволит значительно упростить систему экологических платежей, с учетом региональных особенностей, таких как фоновое загрязнение атмосферного воздуха и наличие особо охраняемых территорий или зон отдыха. Также новый критерий может являться основой для выбора наилучших доступных технологий (НДТ) и использоваться как параметр оценки углеродного следа.

6.3. Методика интегральной оценки уровня негативного влияния обувного предприятия на окружающую среду

Вопросам защиты окружающей среды при работе предприятий легкой промышленности посвящены такие работы автора [217, 306–315] (в соавторстве с Гуторовой Н. В., Тихоновой Н.С., Артемовым А.В., Белоус Е. А., Халитовым К.А., Курановым В.В.)

Несмотря на общую динамику снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в Российской Федерации, с 2015 г. наблюдается увеличение объема выбросов загрязняющих веществ. Объем загрязняющих атмосферу веществ в 2017 г. увеличился на 1,5 %, что стало максимальным годовым приростом за последние 13 лет [316]. В этой связи не теряет актуальности вопрос объективной оценки негативного воздействия выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в целях дальнейшего сравнения промышленных предприятий по степени их влияния на воздушную среду.

Известно, что для оценки воздействия промышленности на воздушную среду предлагается большое количество различных российских и зарубежных методик, которые имеют ряд достоинств и недостатков. Однако в Российской Федерации официально используется научно-техническое (экологическое) нормирование негативного влияния промышленных предприятий на атмосферу. Рассмотрев основные принципы научно-технического нормирования, можно установить, что система научно-технического нормирования не позволяет получать сопоставимые оценки воздействия деятельности промышленных предприятий на атмосферный воздух, не отличается гибкостью и не дает рекомендаций по организации

технологического процесса, обеспечивающих благоприятную экологическую обстановку.

Данное утверждение послужило причиной необходимости разработки алгоритма расчета интегральной оценки степени загрязнения атмосферы организованными источниками промышленных предприятий, который бы позволил получать сопоставимую количественную оценку негативного воздействия конкретного промышленного предприятия на атмосферный воздух.

В работе [268] под руководством автора для интегральной оценки загрязнения атмосферы i -м загрязняющим веществом предложен критерий G_i (6.9), который пропорционален суммарному уровню загрязнения i -м веществом, выбрасываемым из организованного источника.

$$G_i = \int_{x=-x_k}^{x=x_k} C_i(x) dx, \quad (6.9)$$

где x_k — конечное расстояние от источника выброса; $C_i(x)$ — приземные концентрации загрязняющего вещества i в атмосфере на расстоянии x от источника выброса.

Данный критерий G_i зависит от величины расстояния от источника выброса x_k . Поэтому в выражении (1) $x = x_k$ выбирали для каждого i -го вещества таким образом, чтобы $C_i(x_k) \geq 0,1 C_{i \max}(x)$. При такой постановке задачи значение x_k для разных загрязняющих веществ, выбрасываемых из одного и того же источника, будет различным. Таким образом, задача снижения степени загрязнения окружающей среды выбросами загрязняющих веществ в атмосферу из организованных источников сводится к снижению интегральной оценки загрязнения атмосферы G_i . По физическому смыслу предложенный критерий G_i характеризует плотность загрязнения воздушного пространства в границах от $-x_k$ до $+x_k$, то есть в зоне влияния промышленного предприятия. Можно предположить, что чем меньше G_i , тем меньше негативное воздействие выбросов в этих границах. На предложенный алгоритм получено свидетельство о депонировании произведения за № 011–001076 от 29 июля 2011 г. «Алгоритм расчета интегральной

оценки степени загрязнения атмосферы» [317]. С помощью разработанного алгоритма можно на стадии выбора площадки под строительство, а также при реконструкции и модернизации промышленных предприятий давать оценку экологической обстановке на предприятии, а также предлагать рекомендации по организации технологического процесса. Необходимо отметить, что предложенный алгоритм оценивает воздействие одного или нескольких организованных источников предприятия, расположенных по одной оси, на загрязнение атмосферы, при этом не учитывая распределение концентраций загрязняющих веществ по осям y и z . Однако из существующей практики известно, что при проектировании промышленных предприятий обычно предусматривается большее количество источников выбросов, распределенных по производственной площади. Поэтому для оценки степени загрязнения атмосферы организованными источниками предприятий с учетом распределения концентраций в пространстве и расположения источников выбросов на базе предложенного алгоритма в работе [268] разработан специализированный программный продукт, реализованный с помощью современного объектноориентированного языка программирования Action-Script3. Данный программный продукт апробирован на ряде предприятий легкой промышленности – проведены расчеты обобщенной интегральной оценки степени загрязнения атмосферы организованными источниками выбросов обувного и мехового производства. Результаты расчетов подробно представлены в работе [268]. По результатам расчетов предложены рекомендации по организации технологического процесса, а также установлено, что объединение ряда близкорасположенных источников с одинаковой номенклатурой загрязняющих веществ может обеспечивать снижение нагрузки на атмосферный воздух на 5–20%. При объединении ряда близко расположенных источников выбросов с одинаковой номенклатурой выбрасываемых загрязняющих веществ значение интегральной оценки загрязнения атмосферы уменьшилось более чем на 20 % только за счет оптимизации организации системы воздухоудаления (без изменения параметров источников выбросов, таких как высота, диаметр, расход и т. д.). Предложенный программный продукт включал два последовательных расчетных блока. Первый

расчетный блок программного продукта основан на методике расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86), утвержденной Госкомгидрометом СССР 4 августа 1986 г. № 192 [37]. Однако приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 6 июня 2017 г. № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух» [38] методика ОНД-86 [37] признана неподлежащей к применению на территории Российской Федерации с 1 января 2018 г. Документом [38] установлен новый механизм расчета концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Следует отметить, что данный нормативно-правовой документ внес несущественные изменения в методы расчета рассеивания загрязняющих веществ. Например, приказом предусмотрена возможность учета источников, температура которых составляет более 3000 °С, добавлена возможность учета загрязняющих веществ при скорости более скорости звука, изменен подход к расчету границ максимально разовых концентраций на разных высотах. Изменены расчеты рассеивания по коэффициенту стратификации атмосферы А и коэффициенту F, учитывающему гравитационное осаждение частиц и т. д., а также расчет, связанный с учетом рельефа местности.

Исходя из изменений в нормативно-правовой базе, скорректирован первый расчетный блок программного продукта. Отметим, что существенных различий в результатах расчетов концентраций загрязняющих веществ на расстоянии x_k по ранее действующей методике ОНД-86 [37] и вступившими в силу методами расчетов рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [38] не установлено. Второй блок программного продукта по результатам расчетов скорректированного первого блока вычисляет критерий G_i по формуле (6.10)

$$G_i = \int_{x=-x_k}^{x=+x_k} \int_{y=-y_k}^{y=+y_k} \int_{z=-z_k}^{z=+z_k} C_i(x, y, z) dx dy dz. \quad (6.10)$$

Концентрации загрязняющих веществ рассчитываются до $C_i(x, y, z) \geq 0,1 C_{i\max}$. Зависимость $G_i = \varphi(C_i(x, y, z))$ получается численным

интегрированием зависимости $C_i = C_i(x, y, z)$ при разных значениях $x = \pm x_k$, $y = \pm y_k$, $z = \pm z_k$ методом n -мерных параллелепипедов. На основе результатов расчетов критерия G_i (6.10) программный продукт вычисляет обобщенную интегральную оценку загрязнения атмосферы:

$$G = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{ij} \quad (6.11)$$

где m – число организованных источников выбросов; n – число загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу через j -й источник выбросов.

Доработанный в связи с вступлением в силу приказа об отмене методики ОНД-86 алгоритм расчета интегральной оценки загрязнения атмосферы организованными источниками выбросов промышленных предприятий позволяет проводить оценку эффективности как природоохранных мероприятий, так и мероприятий, связанных с изменениями технологического процесса производства.

6.4. «Цифровой двойник» («Digital twin») промышленного предприятия как основа оценки влияния технологии на производственный персонал и окружающую среду

В соответствии с дорожной картой национальной технологической инициативы в период до 2024 более 250 российских компаний начнут использовать «цифровые двойники» (Digital Twin), при этом инвестиции на внедрение составят более 145 миллиардов рублей. Активный процесс внедрения и распространения подобных технологий начался несколько лет назад.

Осенью 2021 года в Российской Федерации был принят национальный стандарт [318], устанавливающий общие понятия цифрового двойника изделия, а также общие положения и требования по разработке и применению цифровых двойников изделий. Настоящий стандарт определяет общие положения создания цифровых двойников как для вновь разрабатываемых изделий (еще не созданных), так и для ранее спроектированных или уже эксплуатируемых изделий.

Настоящий стандарт определяет цифровой двойник изделия как систему, состоящую из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями. В примечании к этому определению написано, что цифровой двойник разрабатывается и применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия [318].

Действие стандарта распространяется на изделия машиностроения, но по мнению представителей Росстандарта на его базе могут и будут разрабатываться аналогичные стандарты для других отраслей промышленности, учитывающие специфику отрасли.

ГОСТ Р 57700.21-2020 [319] определяет цифровой двойник изделия как связанную совокупность компьютерных моделей различных видов, описывающих с требуемым уровнем адекватности свойства и поведение экземпляра изделия, изменение его характеристик и внутренние процессы в зависимости от состояния внешней среды (управляющих воздействий), решаемых задач и условий их выполнения.

Еще одним из документов, ожидающих своего утверждения, является ПНСТ 429-2020 [320], в котором представлены общие положения и основополагающие принципы цифровых двойников производства, а также руководящие указания по созданию структуры цифровых двойников.

Цифровой двойник производства представляет собой детальное моделирование конфигураций физических сущностей и динамическое моделирование изменений продукции, процесса и ресурсов в процессе производства. Цифровой двойник производства основан на цифровой модели, которая постоянно обновляется и изменяется по мере изменения физического аналога с целью синхронного представления состояния, условий работы, конфигурации продукта и состояния ресурсов. Представление цифрового двойника производства позволяет цифровому двойнику постоянно взаимодействовать с визуальными производственными элементами путем обмена эксплуатационными данными и данными об условиях эксплуатации [320].

ПНСТ 429-2020 [320] определяет, что цифровой двойник производства представляет собой цифровую модель (рисунок 6.1), которая постоянно обновляется и изменяется по мере изменения физического аналога с целью синхронного представления данных о статусе, условиях работы, конфигурации продукта и состоянии ресурсов.

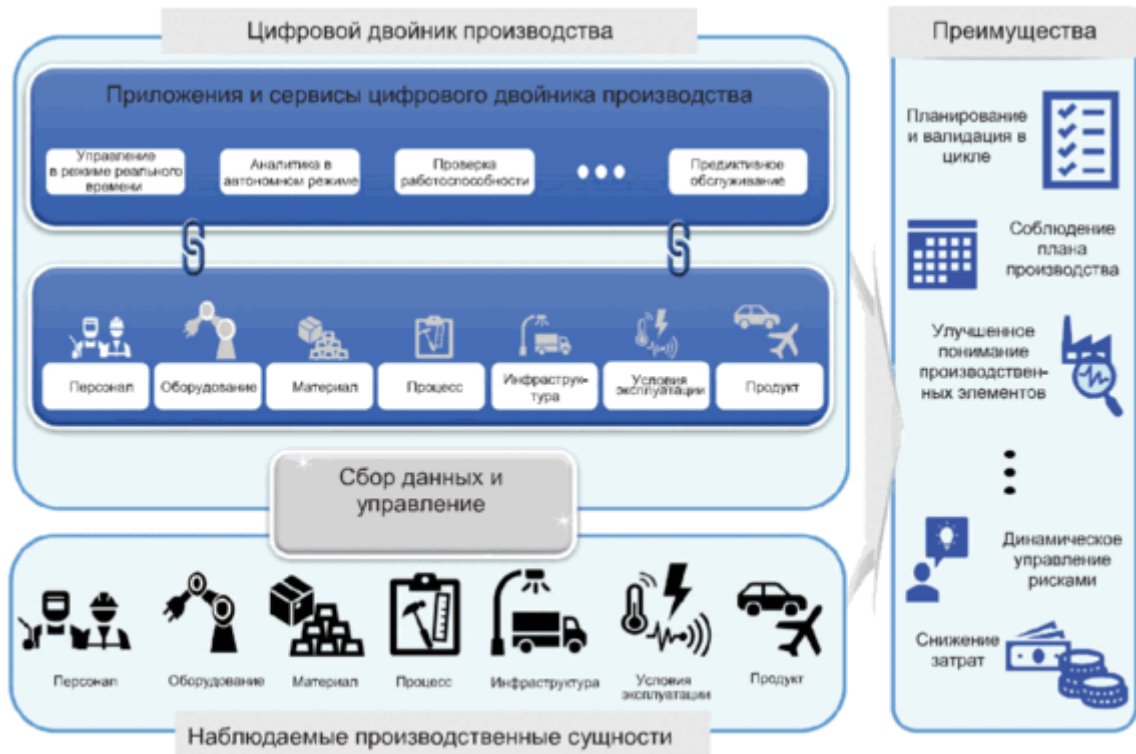


Рисунок 6.1 — Концепция цифровых двойников производства [320].

Реализация системы цифровых двойников производства должна иметь иерархическую структуру и реализовывать цифровые двойники на различных уровнях абстракции, начиная от уровня технологического оборудования (станка) (а может быть и отдельных его частей), технологической операции, производственного участка, цеха, предприятия и т. д.

Использование цифрового двойника производства увеличивает показатели эффективности в цикле планирования и валидации, в соблюдении графика производства, улучшении понимания производственных элементов, динамическом управлении рисками, снижении затрат и т. д. [320], что в конечном итоге должно сказаться на общей эффективности и конкурентоспособности предприятия.

Помимо прочего, технология цифровых двойников позволяет подробно разобраться во всех аспектах функционирования моделируемой системы, оценить различные варианты модернизации системы без ущерба «физической» системе-близнецу, а также наглядно представить результаты.

Как считают специалисты компании Anylogic (The AnyLogic Company), мирового лидера в производстве систем имитационного моделирования, - «два ключевых элемента любых цифровых двойников – динамические имитационные модели и данные, отражающие текущее состояние реальной моделируемой системы. Благодаря этим элементам цифровой двойник становится эффективным инструментом для проведения экспериментов, анализа и наглядного представления данных».

В настоящее время ведутся активные работы по созданию цифровых двойников следующего поколения – умных цифровых двойников (*Smart Digital Twin*), объединяющих цифровых двойников изделия (продукта) и цифровых двойников производства в рамках единой цифровой модели. Еще одним интересным моментом развития технологии цифровых двойников является формирование «умной» цифровой тени (*Smart Digital Shadow*), которое происходит на основе информации о функционировании конкретных образцов изделия.

Из приведенного, достаточно краткого, обзора развития технологий цифровых двойников можно сделать несколько выводов, непосредственно касающихся данной диссертационной работы:

- технологии цифровых двойников будут активно развиваться и, с большой вероятностью, охватят все отрасли промышленности, включая легкую и текстильную;

- практически отсутствует информация об использовании цифровых двойников для оценки негативного воздействия на персонал и окружающую среду.

Представленные в работе технологии имитационного моделирования могут стать основой для создания цифровых двойников практически любого уровня абстракции (станок, технологическая операция, производственный участок, цех, предприятие и т.д.) для предприятий по производству обуви, а научно-

практические основы оценки и моделирования воздействия технологических процессов на производственный персонал и окружающую среду могут явиться базой для создания еще одного вида цифровых двойников – цифровых двойников среды (или окружения) (Digital Twin of the Environment – DToE).

В процессе функционирования цифровых двойников среды (или окружения) (DToE) и получении данных состояния и влияния среды произойдет формирование «умных» цифровых двойников среды (или окружения) (Smart DToE или SDToF), которые позволят повышать качество среды в плане обеспечения безопасности на всех уровнях (рабочая зона, предприятие, селитебная территория, окружающая среда) за счет модернизации устройств, минимизирующих опасные выбросы, а также технологических процессов как их источников, например, с использованием интенсивных аддитивных технологий – динамично развивающегося сегодня направления «цифрового производства»

ВЫВОДЫ ПО VI ГЛАВЕ

1. Рассмотрены принципы гигиенического нормирования качества атмосферного воздуха населенных мест, т. е. территорий расположенных за пределами санитарно-защитных зон (СЗЗ) промышленных предприятий.

2. Отмечено, что нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ) устанавливаются для каждого конкретного стационарного источника загрязнения атмосферного воздуха (ИЗАВ) и хозяйствующего субъекта в целом, а также его отдельных (обособленных) производственных территорий.

3. Проведен анализ базовых нормативов платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. В настоящее время базовые нормативы платы установлены для 225 загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу. Диапазон базовых ставок составляет от 0,05 р/т для гексана до 2 049 801 р/т для бенз(а)пирена.

4. Предложен новый эколого-экономический критерий оценки негативного воздействия промышленного предприятия на атмосферный воздух, базирующийся на понятии «условно чистого ресурса» (воды, воздуха), который позволит значительно упростить систему экологических платежей, с учетом региональных

особенностей, таких как фоновое загрязнение атмосферного воздуха и наличие особо охраняемых территорий или зон отдыха. Так же новый критерий может являться основой для выбора наилучших доступных технологий (НДТ) и использоваться как параметр определения углеродного следа.

5. На основе предлагаемого подхода проведено сравнение влияния на атмосферный воздух двух обувных предприятий, расположенных в Московской области и выпускающих детскую обувь.

6. Разработана методика интегральной оценки уровня негативного влияния обувного предприятия на окружающую среду

7. Показано, что на данный момент практически отсутствует информация об использовании цифровых двойников для оценки негативного воздействия на персонал и окружающую среду;

8. Представленные в работе технологии имитационного моделирования могут стать основой для создания цифровых двойников практически любого уровня абстракции (станок, технологическая операция, производственный участок, цех, предприятие и т.д.) для предприятий по производству обуви, а научно-практические основы оценки и моделирования воздействия технологических процессов на производственный персонал и окружающую среду могут явиться базой для создания еще одного вида цифровых двойников – цифровых двойников среды (или окружения) (Digital Twin of the Environment – DTtoE).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Предложены научно-практические основы разработки методов комплексной оценки и моделирования воздействия технологических процессов обувных предприятий на производственный персонал и окружающую среду.

2. Изучены и обобщены современные санитарно-гигиенические и технологические требования к качеству воздуха рабочей зоны и атмосферного воздуха.

3. Система «Промышленное предприятие – Персонал (человек) – Окружающая среда» рассмотрена с точки зрения движения в ней потоков вещества, энергии и информации. Показано, что негативное воздействие на объект (производственный персонал; окружающая среда) зависит от технологий и оборудования, которые применяются на предприятии, а также сырья и материалов, используемых в производстве, и режима работы оборудования.

4. Проведен анализ условий труда на предприятиях по производству обуви. Отмечено, что особое внимание необходимо уделить анализу опасных и вредных факторов отдельных технологических операций и организации условий труда на предприятии.

5. По результатам анализа методов расчета параметров микроклимата и качества воздушной среды производственных помещений обувных предприятий выявлено, что в последнее время наблюдается стремительный рост количества научной литературы по применению вычислительной гидродинамики в исследованиях вентиляции и воздухообмена в помещении.

6. Дана общая характеристика технологического процесса производства обуви как источника загрязнения воздушной среды, характеристики отдельных технологических операций, сопровождающихся выделением тепла, твердых и газообразных загрязняющих веществ, а также операций с паровыделениями.

7. Предложен новый метод расчета удельных показателей пылевыведений в зависимости от вида технологической операции, используемого оборудования, технологических нормативов ее выполнения и характеристик обрабатываемого материала.

8. На основе проведенных исследований характеристик технологического процесса производства обуви определены начальные и граничные условия для комплексной математической модели оценки негативного воздействия технологических процессов обувных предприятий на производственный персонал и окружающую среду.

9. Разработана математическая модель тепломассопереноса в производственных цехах обувных предприятий, состоящая из системы основных дифференциальных уравнений (законов сохранения массы, импульса и энергии) и дополнительных уравнений, необходимых для ее замыкания.

10. Разработан программно-реализованный с использованием свободного программного обеспечения алгоритм расчета теплопереноса и распространения вредных веществ в производственных цехах обувных предприятий. Определены основные этапы моделирования.

11. Моделирование с использованием программ с открытым исходным кодом позволило получить полную картину динамики изменения параметров микроклимата и качества воздуха, определить локальные зоны с параметрами, не соответствующими нормативным требованиям (температура, концентрации загрязняющих веществ) в любой пространственной точке помещения, что принципиально невозможно при инструментальном контроле.

12. Показано, что возможно моделирование процессов пылеулавливания в сухих гравитационных и инерционных пылеуловителях исключительно с использованием свободного программного обеспечения, в рамках единого подхода, как и все моделирование в данном исследовании, так как образующиеся в технологическом процессе загрязняющие вещества попадают в атмосферный воздух посредством систем организованного (системы вентиляции) и неорганизованного (неплотности ограждающих конструкций) воздухообмена практически в неизменном объеме, за исключением случаев использования специальных систем газоочистки.

13. Показано, что существующие методы расчета рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы не позволяют в полной мере учесть влияние

особенностей рельефа местности и характера городской застройки, что особенно актуально для предприятий легкой промышленности, относящихся, как правило, к 4 и 5 классу и имеющих размер ориентировочной СЗЗ 100 и 50 метров соответственно, и расположенных в зонах плотной застройки или в непосредственной близости от них.

14. Разработана математическая модель тепломассопереноса в приземном слое атмосферы, состоящая из системы основных дифференциальных уравнений и дополнительных уравнений, необходимых для ее замыкания. Проведены расчеты рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы в районе размещения обувного предприятия и анализ их результатов.

15. С использованием методов вычислительной гидродинамики выполнено моделирование негативного воздействия технологических процессов обувных предприятий начиная от уровня отдельной технологической операции и отдельных цехов и заканчивая оценкой воздействия на территорию предприятия в целом и близ расположенную территорию города или окружающую среду. В рамках этого же подхода реализовано моделирование технологических аппаратов–пылегазоуловителей.

16. Разработана новая комплексная многомасштабная математическая модель нестационарного тепломассопереноса для оценки воздействия технологических процессов производства обуви как на производственный персонал, так и окружающую среду, включающая в себя математические модели процессов тепломассопереноса на уровне технологической операции, производственного участка, цеха, предприятия в целом и в окружающей предприятие среде, которые учитывают тепловыделения от человека и оборудования, мощность работы систем общеобменной и местной вентиляции, используемые в производственном процессе основные и вспомогательные материалы, а также рельеф местности и характер застройки близлежащей территории.

17. На основе разработанной комплексной математической модели выполнен расчет локального времени пребывания воздуха в любой точке помещения,

позволяющий оценить эффективность работы системы вентиляции на любой стадии жизненного цикла промышленного здания.

18. Реализован новый подход к оценке состояния воздуха рабочей зоны, обеспечивший переход от фактически «однозонной» модели оценки качества воздушной среды производственного помещения к «пространственной» модели, позволяющей определить параметры воздушной среды в любой конкретной точке производственного помещения.

19. Разработаны и запатентованы:

- устройство сбора данных о параметрах окружающей среды
- измерительный блок параметров окружающей среды
- утилизатор тепла с кипящим слоем инертной насадки
- два скруббера

Получены:

- свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программная прошивка микропроцессорного устройства модульной мониторинговой системы «ИБПОС»
- авторское свидетельство на изобретение «Сепаратор».

20. По результатам проведенных исследований разработаны мероприятия по снижению негативного влияния на качество воздуха рабочей зоны производственных цехов обувных предприятий, реализация которых выразилась в повышении производительности труда и в экономическом эффекте за счет сокращения периодов временной нетрудоспособности работников.

21. Доказана универсальность разработанных подходов к моделированию по результатам исследования предприятий других отраслей промышленности (цех по производству пищевых фосфатов предприятия химической промышленности с многоуровневым размещением оборудования; физико-химическая лаборатория контроля качества, состоящая из пяти отдельных помещений, расположенных на одном этаже и соединенных между собой). Использование математического моделирования позволяет уже на стадии проектирования избежать ошибок и

гарантирует обеспечение нормативных требований как для помещения в целом, так и для каждого отдельного рабочего места.

22. Предложен новый эколого-экономический критерий оценки негативного воздействия промышленного предприятия на атмосферный воздух, базирующийся на понятии «условно чистого ресурса» (воды, воздуха), который позволит значительно упростить систему экологических платежей, с учетом региональных особенностей, таких как фоновое загрязнение атмосферного воздуха и наличие особо охраняемых территорий или зон отдыха. Критерий может служить основой для выбора наилучших доступных технологий (НДТ) и использоваться как параметр оценки углеродного следа.

23. Сформулированы перспективы дальнейшей разработки темы, которые сводятся к следующему: научно-практические основы разработки методов оценки и моделирования воздействия технологических процессов на производственный персонал и окружающую среду и полученные в диссертации математические модели могут явиться базой для создания не только цифровых двойников практически любого уровня абстракции (станок, технологическая операция, производственный участок, цех, предприятие и т.д.) для предприятий по производству обуви, но и цифровых двойников среды (или окружения) (Digital Twin of the Environment – DToE).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. Конституция Российской Федерации: [принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020]. – Москва : Норматика, 2021. – 48 с. – ISBN 978-5-4374-1481-1.

2. Российская Федерация. Законы. Трудовой кодекс Российской Федерации по состоянию на 01.11.21: [принят Государственной думой 21 декабря 2001 года : одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года]. – Москва : Омега-Л, 2021. – 288 с. – ISBN 978-5-370-04835-7.

3. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды: Федеральный закон № 7-ФЗ: [принят Государственной думой 20 декабря 2001 года: одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года]. – Москва : Норматика, 2018. – 72 с. – ISBN 978-5-4374-1213-8.

4. Российская Федерация. Законы. Об охране атмосферного воздуха: Федеральный закон № 96-ФЗ: [принят Государственной думой 2 апреля 1999 года: одобрен Советом Федерации 22 апреля 1999 года]. – Текст : электронный // Справочно-правовая система КонсультантПлюс: [сайт]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22971/ (дата обращения: 09.09.2021).

5. Российская Федерация. Законы. Градостроительный кодекс Российской Федерации: [принят Государственной думой 22 декабря 2004 года : одобрен Советом Федерации 24 декабря 2004 года]. – Москва : Эксмо, 2021. – 288 с. – ISBN 978-5-04-118655-5.

6. Агафонов, А. В. Оценка и стимулирование эколого–ориентированной деятельности предприятий в условиях инновационного развития : специальность 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством (экономика природопользования)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Агафонов Алексей Васильевич ; Государственный университет управления. – Москва, 2017. – 177 с.

7. Демидов, А. Экологический менеджмент российских компаний: монография / А. Демидов. – Дюссельдорф : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 624 с. – ISBN 978-3330040960.

8. Системы экологического менеджмента для практиков: монография / С. Ю. Дайман, Т. В. Островкова, Е. А. Зайка, Т. В. Сокорнова. – Москва : Изд-во РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004. – 248 с. – ISBN 5 7237 0484 2.

9. Экология. Менеджмент. Человек / В. Г. Ларионов, А. Г. Бадалова, С. Г. Фалько [и др.]. – Москва : Дашков и Ко, 2020. – 302 с. – ISBN 978-5-394-03810-5.

10. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: (СанПиН 1.2.3685-21): [утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача от 28.01.2021: введены в действие с 01.03.2021]. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?marker=1Q24QE6§ion=text> (дата обращения: 07.07.2021).

11. Гуторова, Н. В. Негативные факторы воздушной среды на производствах легкой промышленности и их воздействие на работающих / Н. В. Гуторова, Н. С. Тихонова, О. И. Седяров. – DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-3-199-208 // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: экология и безопасность жизнедеятельности. – 2019. – Т. 27. – № 3. – С. 199-208.

12. Тихонова, Н. С. Температурно-влажностное состояние воздушной среды при дубильных и красильно-жировальных операциях производства кожи / Н. С. Тихонова, Г. А. Свищев, О. И. Седяров // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2016) : сборник материалов международной научно-технической конференции / Московский государственный университет дизайна и технологии. – Москва : ФГБОУ ВО «МГУДТ», 2016. – Т. 2. – С. 300-302.

13. Методика прогнозной оценки состояния микроклимата в производственных цехах обувных предприятий / О. И. Седяров, В. В. Куранов, М. П. Гуськов, О. О. Петрова // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020) : сборник материалов Международной научно-технической конференции / ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина». – Москва : ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2020. – С. 80-83.

14. Реймерс, Н. Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология / Н. Ф. Реймерс. – Москва : Россия молодая, Экология, 1992. – 368 с. – ISBN 5-7120-0669-3.

15. Седяров, О. И. Производственные процессы и их влияние на персонал предприятия / О. И. Седяров, Г. А. Свищев, Н. С. Тихонова // Сборник научных статей и воспоминаний «Памяти В.А. Фукина посвящается». – Москва : ФГБОУ ВО «МГУДТ», 2014. – С. 69-73.

16. Расчет доз при оценке риска многосредового воздействия химических веществ : (МосМР 2.1.9.003-03) : Методические рекомендации : / Министерство здравоохранения Российской Федерации; Центр Госсанэпиднадзора в г. Москве. – Москва : Санэпидмедиа, ГУ НИИ ЭЧ и ГОС имени А.Н.Сысина РАМН, ММА имени И.М.Сеченова, Консультационный Центр по оценке риска, Центр госсанэпиднадзора в г. Москве, 2003. – 28 с.

17. Физиология человека: учебник / под редакцией В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – Москва : Медицина, 2003. – 656 с.

18. Тимофеева, Е. И. Экологический мониторинг параметров микроклимата : монография / Е. И. Тимофеева, Г. В. Федорович. – Москва : НТМ-защита, 2005. – 194 с.

19. Банхиди, Л. Тепловой микроклимат помещений : Расчет комфортных параметров по теплоощущениям человека / Л. Банхиди ; перевод с венгерского В. М. Беляева. – Москва : Стройиздат, 1981. – 248 с.

20. Блази, В. Справочник проектировщика. Строительная физика / В. Блази ; [перевод с немецкого под редакцией и с дополнениями А. К. Соловьева]. – Москва : Техносфера, 2005. – 535 с. – ISBN 5-94836-024-5.

21. Физиология терморегуляции / [К. П. Иванов, О. П. Минут-Сорохтина, Е. В. Майстрах и др.; Редкол.: К. П. Иванов (отв. ред.) и др. – Ленинград : Наука : Ленингр. отд-ние, 1984. – 470 с.

22. Свод правил: отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: (СП 60.13330.2020): [утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства от 30.12.2020: введен в действие с 01.07.2021]. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573697256> (дата обращения: 09.08.2021).

23. Свод правил : Здания жилые и общественные : Правила проектирования тепловой защиты : (СП 345.1325800.2017): [утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 14.11.2017 г. : введен в действие с 15 мая 2018 г.]. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/557662914> (дата обращения: 05.07.2019).

24. Свод правил : строительная климатология : (СП 131.13330.2020): [утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24.12.2020 г. : введен в действие с 25 июня 2021 г.]. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659358> (дата обращения: 09.09.2021).

25. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещении : межгосударственный стандарт : принят Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строительстве (Протокол N 39 от 8 декабря 2011 г.): введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2012 г. N 191-ст : дата введения 1 января 2013 г. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и

нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095053> (дата обращения: 06.11.2020).

26. ГОСТ Р 55912-2020. Климатология строительная. Номенклатура показателей наружного воздуха : национальный стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 3 ноября 2020 г. N 1029-ст : дата введения 2021-01-01. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/566422762> (дата обращения: 08.07.2021).

27. Тихонова, Н. С. Основы проектирования предприятий легкой промышленности: Учеб. Пособие / Н. С. Тихонова, Г. А. Свищев, О. И. Седяров. – Москва : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2017. – 224 с. – ISBN 978-5-9558-0375-3.

28. Нормы технологического проектирования предприятий легкой промышленности. Раздел 18. Обувная промышленность. 18.1. Обувь клеевого метода крепления (ВНТП 42-86): [утверждены Минлегпромом СССР 17.02.86 N АБ-43/2459 по согласованию с Госстроем СССР и ГКНТ 29.01.86 N 45-144 : введены в действие 1986-04-01]. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200040095> (дата обращения: 09.08.2016).

29. Нормы технологического проектирования предприятий легкой промышленности. Раздел 15. Швейная промышленность (ВНТП 34-85): [утверждены Минлегпромом СССР от 28.10.85 N ВЧ-10/14803 : дата введения 1985-11-01]. – Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт], .

30. Нормы технологического проектирования предприятий легкой промышленности. Раздел 16. Кожевенная промышленность. 16.1. Производство первичной обработки кожевенного сырья (ВНТП 41-86): [утверждены Минлегпромом СССР 07.02.86 N ВЧ-10/2029 по согласованию с Госстроем СССР и ГКНТ 17.01.86 N 45-79 : введены в действие 1986-03-01]. – Текст : электронный

// Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200076368> (дата обращения: 09.08.2016).

31. Ведомственные нормы технологического проектирования. Нормы технологического проектирования предприятий легкой промышленности. Раздел 10. Трикотажная промышленность. 10.1. Производство верхних изделий. 10.1.3. Раскрой, пошив (ВНТП 24-86): [утверждены Минлегпромом СССР от 10.02.86 N ИГ-10/2162 : дата введения 1986-03-01]. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200047877> (дата обращения: 09.08.2016).

32. Санитарные правила: Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда : (СП 2.2.3670-20): [утверждены постановлением главного государственного врача Российской Федерации от 02.12.2020: введены в действие с 01.01.2021]. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573230583> (дата обращения: 08.07.2021).

33. Российская Федерация. Законы. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон № 52-ФЗ: [принят Государственной думой 12 марта 1999 года: одобрен Советом Федерации 17 марта 1999 года]. – Текст : электронный // Справочно-правовая система КонсультантПлюс: [сайт]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/ (дата обращения: 15.05.2021).

34. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов: (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03): новая редакция (с изменениями на 25 апреля 2014 года): [утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача от 25.09.2007 : введены в действие 01.03.2008]. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL:

<https://docs.cntd.ru/document/902065388?marker=2M176AC§ion=text> (дата обращения: 09.09.2021).

35. Санитарные правила и нормы : Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий (СанПиН 2.1.3684-21): с изменениями на 26 июня 2021 года: [утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача от 28.01.2021 : введены в действие 01.03.2021]. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573536177> (дата обращения: 08.08.2021).

36. ГОСТ Р 56166-2019. Качество атмосферного воздуха: национальный стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 октября 2019 г. N 891-ст: дата введения 2020-01-01 / разработан АО «НИИ Атмосфера» при участии ФБУ ВНИИЛМ. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200168647> (дата обращения: 08.09.2020).

37. Общесоюзный нормативный документ. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86): не подлежит применению: [утверждена Председателем Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды 4 августа 1986 г. N 192 : дата введения 1987-01-01]. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1987. – 92 с.

38. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе: [утверждены приказом Минприроды России от 6 июня 2017 года N 273 : подлежат применению с 1 января 2018 года]. – Текст :

электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456074826> (дата обращения: 04.08.2020).

39. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон ; [перевод с английского В. Кельтов]. – Москва : Мир, 1978. – 418 с.

40. Лоу, А. М. Имитационное моделирование / А. М. Лоу, В. Д. Кельтон : [перевод с английского А. Куленко]. – Санкт-Петербург : Питер, 2004. – 848 с. – ISBN 966-522-118-7.

41. Evolving Toolbox for Complex Project Management / A. Gorod, L. Hallo, V. Ireland, I. Gunawan. – Boca Raton : Auerbach Publications, 2019. – 570 p. – ISBN 9780429197079.

42. Имитационное моделирование производственных систем / Под общ. ред. чл.-кор. АН СССР А. А. Вавилова. – Москва : Машиностроение; Берлин: Техника, 1983. – 417 с.

43. Melamed, B. Simulation Modeling and Analysis with ARENA / B. Melamed, T. Altiok. – San Diego : Academic Press, 2007. – 456 p. – ISBN 978-0-12-370523-5.

44. Форрестер, Д. Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика) = Industrial dynamics : перевод с английского / Д. Форрестер ; общая редакция и предисловие Д. М. Гвишиани ; перевод с английского Л. А. Балыков, Л. Е. Балясный, А. И. Гоман [и др.]. – Москва : Прогресс, 1971. – 340 с.

45. Форрестер, Д. Динамика развития города=Urban Dynamics / Д. Форрестер ; перевод с английского М. Г. Орловой ; под редакцией Ю. П. Иванилова [и др.] ; предисловие Ю. К. Козлова. – Москва : Прогресс, 1974. – 285 с.

46. Форрестер, Д. Мировая динамика=World Dynamics / Д. Форрестер ; перевод с английского А. Н. Ворощук, С. А. Пегов ; под редакцией Д. М. Гвишиани, Н. Н. Моисеева ; с предисловием Д. М. Гвишиани и послесловием Н. Н. Моисеева. – Москва : Наука, 1978. – 167 с.

47. Meadows, D. L. Dynamics of Growth in a Finite World / D. L. Meadows. – Cambridge, Mass. : Wright-Allen Press, 1974. – 637 p. – ISBN 0960029443.

48. Morecroft, J. D. W. Modeling for Learning Organizations (System Dynamics Series) / J. D. W. Morecroft, J. D. Sterman. – Portland, OR : Productivity Press, 1994. – 400 p. – ISBN 978-1563270604.
49. Kauffman, D. L. Systems 1: an Introduction To Systems Thinking / D. L. Kauffman. – Minneapolis, MN : Future Systems, 1980. – 41 p.
50. Goodman, M. R. Study Notes in System Dynamics / M. R. Goodman. – Cambridge, Mass. : MIT Press, 1980. – 388 p.
51. Roberts, N. Introduction to Computer Simulation: A System Dynamics Modeling Approach / N. Roberts. – Portland, Oregon : Productivity Press, 1994. – 562 p. – ISBN 978-1563271700.
52. Forrester, J. W. Principles of Systems / J. W. Forrester ; 2nd edition. – Cambridge, Mass. : The MIT Press, 1977. – 387 p. – ISBN 978-0262560177.
53. Richardson, G. P. Introduction to System Dynamics Modeling With Dynamo / G. P. Richardson, A. L. Pugh. – Cambridge, Mass. : Wright-Allen Press, 413AD. – 1981 p. – ISBN 978-0262181020.
54. Wolstenholme, E. F. System Enquiry: A System Dynamics Approach / E. F. Wolstenholme. – New York : John Wiley & Sons Inc, 1990. – 258 p. – ISBN 978-0471927839.
55. Senge, P. M. The fifth discipline: The art and practice of the learning organization, by , New York: Doubleday/Currency, 1990 / P. M. Senge. – New York : Doubleday Currency, 1990. – 424 p.
56. The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind / D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers, W. W. Behrens III. – New York : Universe Books, 1972. – 205 p. – ISBN 0-87663-165-0.
57. Meadows, D. H. Beyond the limits: Confronting Global Collapse, Envisioning a Sustainable Future / D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers. – Post Mills Vermont : Chelsea Green Publishing Company, 1992. – 300 p. – ISBN 9781853831317.
58. Китова, Г. А. Имитация и прогноз экономического развития США : Прикладные макромоделли / Г. А. Китова, Т. Е. Кузнецова. – Москва : Наука, 1984. – 253 с.

59. Ефимов, В. М. Имитационная игра для системного анализа управления экономикой / В. М. Ефимов. – Москва : Наука, 1988. – 256 с.
60. Федотов, А. В. Моделирование в управлении вузом / А. В. Федотов. – Ленинград : Изд-во Лен. ун-та, 1985. – 120 с.
61. Byoung, K. C. Modeling and Simulation of Discrete Event Systems / K. C. Byoung, K. DongHun. – New York : Wiley, 2013. – 432 p. – ISBN 978-1118386996.
62. Cassandras, C. G. Introduction to Discrete Event Systems / C. G. Cassandras, S. Lafortune. – Boston, MA : Springer US, 2008. – 796 p. – ISBN 978-0-387-33332-8.
63. Elizandro, D. Simulation of Industrial Systems: Discrete Event Simulation Using Excel/VBA (Resource Management) / D. Elizandro, T. Hamdy. – Boca Raton, Fla. : Auerbach Publications, 2007. – 536 p. – ISBN 978-1420067446.
64. Карпов, Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю. Г. Карпов. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. – 400 с. – ISBN 5-94157-148-8.
65. Borshchev, A. The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with Anylogic 6 / A. Borshchev. – Chicago : AnyLogic North America, 2013. – 614 p. – ISBN 978-0989573177.
66. Седяров, О. И. Имитационное моделирование химико-технологического процесса производства моющих средств / О. И. Седяров, Е. В. Отрубянников, А. П. Полиефтова // Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и оборудование : сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Вторые международные Косыгинские чтения, приуроченные к 100-летию РГУ имени А. Н. Косыгина» на Международном Косыгинском Форуме-2019 «Современные задачи инженерных наук» / РГУ им. А. Н. Косыгина. – Москва : ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2019. – Т. 2. – С. 233-234.
67. Мезенцева, Ю. А. Имитационное моделирование как инструмент проектирования гибких систем производства обуви / Ю. А. Мезенцева,

В. А. Кедров, В. В. Костылева // «Индустрия моды» : Материалы международного симпозиума. – Москва, 2007. – Т. 2. – С. 5-9.

68. Li, Y. CFD and ventilation research / Y. Li, P. V. Nielsen. – DOI 10.1111/j.1600-0668.2011.00723.x // Indoor Air. – 2011. – Vol. 21. – № 6. – P. 442-453.

69. Nielsen, P. V. Berechnung der Luftbewegung in einem zwangsbelüfteten Raum / P. V. Nielsen // Gesundheits-Ingenieur. – 1973. – Vol. H 10. – № 94. – P. 299-302.

70. Li, Y. Numerical prediction of airflow and heat-radiation interaction in a room with displacement ventilation / Y. Li, L. Fuchs, M. Sandberg // Energy and Buildings. – 1993. – № 20. – P. 27-43.

71. Modeling and CFD prediction for diffusion and adsorption within room with various adsorption isotherms / S. Murakami, S. Kato, K. Ito, Q. Zhu. – DOI 10.1034/j.1600-0668.13.s.6.3.x // Indoor Air. – 2003. – Vol. 13. – P. 20-27.

72. Performance of three air distribution systems in VOC removal from an area source / X. Yang, J. Srebric, X. Li, G. He. – DOI 10.1016/j.buildenv.2004.03.004 // Building and Environment. – 2004. – Vol. 39. – № 11. – P. 1289-1299.

73. Mo, J. Novel insight into VOC removal performance of photocatalytic oxidation reactors / J. Mo, Y. Zhang, R. Yang. – DOI 10.1111/j.1600-0668.2005.00374.x // Indoor Air. – 2005. – Vol. 15. – № 4. – P. 291-300.

74. Peng, S. H. On the assessment of ventilation performance with the aid of numerical simulations / S. H. Peng, S. Holmberg, L. Davidson // Building and Environment. – 1997. – Vol. 32. – № 6. – P. 497-508.

75. Evidence of Airborne Transmission of the Severe Acute Respiratory Syndrome Virus / I. T. S. Yu, Y. Li, T. W. Wong [et al.]. – DOI 10.1056/NEJMoa032867 // New England Journal of Medicine. – 2004. – Vol. 350. – № 17. – P. 1731-1739.

76. Chao, C. Y. H. A study of the dispersion of expiratory aerosols in unidirectional downward and ceiling-return type airflows using a multiphase approach / C. Y. H. Chao, M. P. Wan. – DOI 10.1111/j.1600-0668.2006.00426.x // Indoor Air. – 2006. – Vol. 16. – № 4. – P. 296-312.

77. Use of CFD Analysis in Modifying a TB Ward in Lima, Peru / C. J. Noakes, P. A. Sleight, A. R. Escombe, C. B. Beggs. – DOI 10.1177/1420326X06062364 // *Indoor and Built Environment*. – 2006. – Vol. 15. – № 1. – P. 41-47.

78. Dispersion of exhaled droplet nuclei in a two-bed hospital ward with three different ventilation systems / H. Qian, Y. Li, P. V. Nielsen [et al.]. – DOI 10.1111/j.1600-0668.2005.00407.x // *Indoor Air*. – 2006. – Vol. 16. – № 2. – P. 111-128.

79. Lai, A. C. K. Study of expiratory droplet dispersion and transport using a new Eulerian modeling approach / A. C. K. Lai, Y. C. Cheng. – DOI 10.1016/j.atmosenv.2007.05.045 // *Atmospheric Environment*. – 2007. – Vol. 41. – № 35. – P. 7473-7484.

80. Bolashikov, Z. D. Methods for air cleaning and protection of building occupants from airborne pathogens / Z. D. Bolashikov, A. K. Melikov. – DOI 10.1016/j.buildenv.2008.09.001 // *Building and Environment*. – 2009. – Vol. 44. – № 7. – P. 1378-1385.

81. Niu, J. On-site quantification of re-entry ratio of ventilation exhausts in multi-family residential buildings and implications / J. Niu, T. C. W. Tung. – DOI 10.1111/j.1600-0668.2007.00500.x // *Indoor Air*. – 2007. – Vol. 18. – № 1. – P. 12-26.

82. Simulation-based study of COVID-19 outbreak associated with air-conditioning in a restaurant / H. Liu, S. He, L. Shen, J. Hong. – DOI 10.1063/5.0040188 // *Physics of Fluids*. – 2021. – Vol. 33. – № 2. – P. 023301.

83. Effect of recirculation zones on the ventilation of a public washroom / K. Sinha, M. S. Yadav, U. Verma [et al.]. – DOI 10.1063/5.0064337 // *Physics of Fluids*. – 2021. – Vol. 33. – № 11. – P. 117101.

84. Assessing the Filtration Effectiveness of a Portable Ultraviolet Air Cleaner on Airborne SARS-CoV-2 Laden Droplets in a Patient Room: A Numerical Study / Y. Feng, J. Zhao, M. Spinolo [et al.]. – DOI 10.4209/aaqr.200608 // *Aerosol and Air Quality Research*. – 2021. – Vol. 21. – № 5. – P. 200608.

85. Estimates of the stochasticity of droplet dispersion by a cough / S. Trivedi, S. Gkantonas, L. C. C. Mesquita [et al.]. – DOI 10.1063/5.0070528 // *Physics of Fluids*. – 2021. – Vol. 33. – № 11. – P. 115130.

86. Mitigation strategies for airborne disease transmission in orchestras using computational fluid dynamics / H. A. Hedworth, M. Karam, J. McConnell [et al.]. – DOI 10.1126/sciadv.abg4511 // Science Advances. – 2021. – Vol. 7. – № 26.

87. Investigation of Coronavirus Deposition in Realistic Human Nasal Cavity and Impact of Social Distancing to Contain COVID-19: A Computational Fluid Dynamic Approach / M. Zuber, J. Valerian Corda, M. Ahmadi [et al.]. – DOI 10.32604/cmcs.2020.015015 // Computer Modeling in Engineering & Sciences. – 2020. – Vol. 125. – № 3. – P. 1185-1199.

88. A CFD Approach for Risk Assessment Based on Airborne Pathogen Transmission / H. Motamedi Zoka, M. Moshfeghi, H. Bordbar [et al.]. – DOI 10.3390/atmos12080986 // Atmosphere. – 2021. – Vol. 12. – № 8. – P. 986.

89. COVID-19 spread in a classroom equipped with partition – A CFD approach / M. Mirzaie, E. Lakzian, A. Khan [et al.]. – DOI 10.1016/j.jhazmat.2021.126587 // Journal of Hazardous Materials. – 2021. – Vol. 420. – P. 126587.

90. Modelling aerosol transport and virus exposure with numerical simulations in relation to SARS-CoV-2 transmission by inhalation indoors / V. Vuorinen, M. Aarnio, M. Alava [et al.]. – DOI 10.1016/j.ssci.2020.104866 // Safety Science. – 2020. – Vol. 130. – P. 104866.

91. Preliminary Findings on Control of Dispersion of Aerosols and Droplets During High-Velocity Nasal Insufflation Therapy Using a Simple Surgical Mask / S. Leonard, C. W. Atwood, B. K. Walsh [et al.]. – DOI 10.1016/j.chest.2020.03.043 // Chest. – 2020. – Vol. 158. – № 3. – P. 1046-1049.

92. Minimising exposure to droplet and aerosolised pathogens: a computational fluid dynamics study / P. Perella, M. Tabarra, E. Hataysal [et al.]. – DOI 10.1016/j.bja.2020.09.047 // British Journal of Anaesthesia. – 2021. – Vol. 126. – № 2. – P. 544-549.

93. Kim, J.-J. A Numerical Study of Thermal Effects on Flow and Pollutant Dispersion in Urban Street Canyons / J.-J. Kim, J.-J. Baik. – DOI 10.1175/1520-0450(1999)038<1249:ANSOTE>2.0.CO;2 // Journal of Applied Meteorology. – 1999. – Vol. 38. – № 9. – P. 1249-1261.

94. Baik, J.-J. A CFD Model for Simulating Urban Flow and Dispersion / J.-J. Baik, J.-J. Kim, H. J. S. Fernando. – DOI 10.1175/1520-0450(2003)042<1636:ACMFSU>2.0.CO;2 // Journal of Applied Meteorology. – 2003. – Vol. 42. – № 11. – P. 1636-1648.

95. Solazzo, E. A novel methodology for interpreting air quality measurements from urban streets using CFD modelling / E. Solazzo, S. Vardoulakis, X. Cai. – DOI 10.1016/j.atmosenv.2011.05.022 // Atmospheric Environment. – 2011. – Vol. 45. – № 29. – P. 5230-5239.

96. Vollaro, A. CFD Analysis of Convective Heat Transfer Coefficient on External Surfaces of Buildings / A. Vollaro, G. Galli, A. Vallati. – DOI 10.3390/su7079088 // Sustainability. – 2015. – Vol. 7. – № 7. – P. 9088-9099.

97. Numerical study on wind-pressure characteristics of a high-rise building in group of buildings / W. Dayang, Z. Yun, L. Qingxiang [et al.] // Proceedings of the Seventh International Colloquium on Bluff Body Aerodynamics and Applications. – Shanghai, China, 2012. – P. 521-530.

98. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: межгосударственный стандарт : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 10 декабря 2015 г. N 48): введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июня 2016 г. N 602-ст: дата введения 1 марта 2017 г. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 10.10.2020).

99. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.: утверждено Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г.Онищенко 29 июля 2005 г. : введено в действие с 1 ноября 2005 г. / разработано ГУ НИИ медицины труда Российской академии медицинских наук. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-

правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200040973> (дата обращения: 10.10.2020).

100. Российская Федерация. Законы. О специальной оценке условий труда : Федеральный закон № 426-ФЗ : с изменениями на 30 декабря 2020 года : редакция, действующая с 1 января 2021 года: [принят Государственной думой 23 декабря 2013 года: одобрен Советом Федерации 25 декабря 2013 года]. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/499067392> (дата обращения: 05.03.2021).

101. Чурсин, В. И. Технологические процессы и экология кожевенного производства : монография / В. И. Чурсин. – Москва : РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019. – 161 с. – ISBN 978-5-87055-811-0.

102. Чурсин, В. И. Современное технологическое оборудование кожевенного производства : учебное пособие / В. И. Чурсин, В. Д. Хаустов. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 185 с. – ISBN 978-5-16-015542-5.

103. Прохоров, В. Т. Совершенствование технологии склеивания изделий из кожи : монография / В. Т. Прохоров, И. М. Мальцев, Е. И. Коваленко. – Шахты : ЮРГУЭС, 2002. – 372 с. – ISBN 5-93834-030-6.

104. Справочник по материалам, применяемым в производстве обуви и кожгалантереи / К. М. Зурабян, Б. Я. Краснов, Я. И. Пустыльник, М. М. Бернштейн. – Москва : Shoe-Icons, 2004. – 210 с. – ISBN 5-9900320-1-3.

105. Замарашкин, Н. В. Обувь. Проектирование, изготовление, эксплуатация / Н. В. Замарашкин, К. Н. Замарашкин ; под общ. ред. Замарашкина Н. В. ; М-во образования Рос. Федерации, С.-Петерб. гос. ун-т технологии и дизайна. – Санкт-Петербург : Изд-во СПГУТД, 2002. – 543 с. – ISBN 5-7937-0068-4.

106. Современные технологии производства обувных колодок : монография / В. С. Белгородский, А. А. Никитин, В. В. Костылева, [и Др.]. – Москва : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2020. – 125 с. – ISBN 978-5-98547-137-3.

107. Стратегия и тактика инвариантного конструирования, моделирования и оптимизации технических систем / В. А. Фукин, Р. Коллер, В. В. Костылева [и др.]. – Москва–Аахен (Германия) : «Народное образование», 2002. – 378 с.

108. Исследование процесса вырубания обувных деталей / И. Р. Татарчук, Е. В. Литвин, В. В. Костылева, В. Н. Соколов // Межвузовский сборник научных трудов «Новые технологии. Наука и образование». – 2002. – № 4. – С. 23-29.

109. Исследование процесса раскроя материала / В. И. Соколов, И. Р. Татарчук, В. В. Костылева, Е. В. Литвин // Автоматизация и современные технологии. – 2003. – № 1. – С. 3-11.

110. Щербакова, Н. В. Технология производства цельноформованной обуви : учебное пособие для вузов / Н. В. Щербакова ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования Южно-Российский гос. ун-т экономики и сервиса (ФГБОУ ВПО ЮРГУЭС). – Шахты : ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2011. – 189 с. – ISBN 978-5-93834-662-8.

111. Алиев, Р. Р. оглы. Высокоэффективный процесс производства обуви с замкнутым циклом : специальности 05.19.06 «Технология обувных, кожевенно-галантерейных и шорных изделий» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Алиев Ровшан Ризван оглы ; Киевский технологический институт лёгкой промышленности. – Киев, 1993. – 184 с.

112. Абуталипова, Л. Н. Традиционные и инновационные подходы в производстве обуви : учебное пособие / Л. Н. Абуталипова, Л. Г. Хисамиева, Д. Р. Фархутдинова ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования «Казанский нац. исслед. технологический ун-т». – Казань : Изд-во КНИТУ, 2014. – 78 с. – ISBN 978-5-7882-1646-1.

113. Балакина, Э. А. Технологические процессы производства обуви : учебное пособие / Э. А. Балакина, Л. С. Беляев ; Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО Российский заочный ин-т текстильной и легкой промышленности. –

Москва : Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности, 2008. – 115 с. – ISBN 978-5-85507-400-0.

114. Производство обуви (введение в специальность): учебное пособие / С. П. Александров [и др.]; под общ. ред. С. П. Александрова; Федеральное агентство по образованию РФ, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Российский заочный ин-т текстильной и легкой пром-сти». – Москва : Российский заочный ин-т текстильной и легкой пром-сти, 2009. – 284 с.

115. Ferradini, D. Shoe Factory Tradition and Technology / D. Ferradini, A. Perotti, D. Tricotti. – Novara : Edizioni Testa Bruno - Edizioni Astragalo, 2020. – 184 p. – ISBN 978-8897344315.

116. Martín-Martínez, J. M. Shoe Industry / J. M. Martín-Martínez // Handbook of Adhesion Technology. – Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2011. – P. 1315-1347.

117. Технологические процессы производства изделий легкой промышленности: учебное пособие. Ч. 1 / В. Ф. Абрамов, В. В. Костылева, Е. В. Литвин [и др.]; под общей редакцией профессора, д-ра техн. наук Фукина В. А. – Москва : МГУДТ, 2003. – 560 с.

118. Boër, C. R. Editorial: Shoe design and manufacturing / C. R. Boër, S. Dulio, F. Jovane. – DOI 10.1080/09511920412331292637 // International Journal of Computer Integrated Manufacturing. – 2004. – Vol. 17. – № 7. – P. 577-582.

119. Рекомендации обувным предприятиям Южного федерального округа по их выходу из экономического кризиса / [В. Е. Прохоров]; под общ. ред. В. Т. Прохорова; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса» (ГОУ ВПО «ЮРГУЭС»). – Шахты : ЮРГУЭС, 2009. – 656 с. – ISBN 978-5-93834-536-2.

120. Довнич, И. И. Технология производства обуви : учебник / И. И. Довнич. – Москва : Academia, 2004. – 288 с. – ISBN 5-7695-1299-7.

121. Справочник обувщика (Проектирование обуви, материалы) / Л. П. Морозова, В. Д. Полуэктова, Е. Я. Михеева [и др.]. – Москва : Легпромиздат, 1988. – 432 с. – ISBN 5-7088-0215-4.
122. Фукин, В. А. Технология изделий из кожи : учебник для вузов. Ч. 1 / В. А. Фукин, А. Н. Калита. – Москва : Легпромбытиздат, 1988. – 272 с.
123. Михеева, Е. Я. Справочник обувщика : репринт Справочник обувщика. (Технология) 1989 г. / Е. Я. Михеева, Г. А. Мореходов, Т. П. Швецова. – Москва : Книга по требованию, 2013. – 414 с. – ISBN 978-5-458-24826-6.
124. Вишнёс, Э. Комплексный анализ современных клеевых соединений для обувной промышленности : специальность 05.19.06 «Технология обувных и кожевенно-галантерейных изделий» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Вишнёс Эльжбета ; Радомский политехнический институт. – Радом, Польша, 2003. – 188 с.
125. Гвоздев, Ю. М. Химическая технология изделий из кожи : учеб. пособие для студ. высш. учеб. завед. / Ю. М. Гвоздев. – Москва : Academia, 2003. – 249 с. – ISBN 5-7695-1306-3.
126. Зурабян, К. М. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности : учебник / К. М. Зурабян, Б. Я. Краснов, Я. И. Пустыльник. – Москва : Информ-Знание, 2003. – 383 с. – ISBN 5-8032-0043-3.
127. Методика расчета выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферу для предприятий бытового обслуживания: [согласовано ВРИО директора ФГУП «НИИ Атмосфера»: 20.01.2006]. – Текст : электронный // Разработана Владивостокским государственным университетом экономики и сервиса (ВГУС). – 2004. – URL: <https://meganorm.ru/Data1/59/59535/index.htm> (дата обращения: 09.10.2019).
128. Schalin, A. Impact of turbulence anisotropy near walls in room airflow / A. Schalin, P. V. Nielsen. – DOI 10.1111/j.1600-0668.2004.00201e.x // Indoor Air. – 2004. – Vol. 14. – № 3. – P. 159-168.

129. Chen, Q. Prediction of room air motion by Reynolds-stress models / Q. Chen. – DOI 10.1016/0360-1323(95)00049-6 // Building and Environment. – 1996. – Vol. 31. – № 3. – P. 233-244.

130. Murakami, S. Overview of turbulence models applied in CWE–1997 / S. Murakami. – DOI 10.1016/S0167-6105(98)00004-X // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 1998. – Vols. 74-76. – P. 1-24.

131. Abdilghanie, A. M. Comparison of Turbulence Modeling Strategies for Indoor Flows / A. M. Abdilghanie, L. R. Collins, D. A. Caughey. – DOI 10.1115/1.3112386 // Journal of Fluids Engineering. – 2009. – Vol. 131. – № 5.

132. Methods for controlling airflow in and around a building under cross-ventilation to improve indoor thermal comfort / A. Mochida, H. Yoshino, T. Takeda [et al.]. – DOI 10.1016/j.jweia.2005.02.003 // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 2005. – Vol. 93. – № 6. – P. 437-449.

133. Beghein, C. Using large eddy simulation to study particle motions in a room / C. Beghein, Y. Jiang, Q. Y. Chen. – DOI 10.1111/j.1600-0668.2005.00373.x // Indoor Air. – 2005. – Vol. 15. – № 4. – P. 281-290.

134. Choi, J.-I. Large eddy simulation and zonal modeling of human-induced contaminant transport / J.-I. Choi, J. R. Edwards. – DOI 10.1111/j.1600-0668.2008.00527.x // Indoor Air. – 2008. – Vol. 18. – № 3. – P. 233-249.

135. Experimental measurements and large eddy simulation of expiratory droplet dispersion in a mechanically ventilated enclosure with thermal effects / A. S. Berrouk, A. C. K. Lai, A. C. T. Cheung, S. L. Wong. – DOI 10.1016/j.buildenv.2009.06.016 // Building and Environment. – 2010. – Vol. 45. – № 2. – P. 371-379.

136. Li, Y. Wavenumber-Extended High-Order Upwind-Biased Finite-Difference Schemes for Convective Scalar Transport / Y. Li. – DOI 10.1006/jcph.1997.5649 // Journal of Computational Physics. – 1997. – Vol. 133. – № 2. – P. 235-255.

137. Sørensen, D. N. Quality control of computational fluid dynamics in indoor environments / D. N. Sørensen, P. V. Nielsen. – DOI 10.1111/j.1600-0668.2003.00170.x // Indoor Air. – 2003. – Vol. 13. – № 1. – P. 2-17.

138. Li, Y. General flow and thermal boundary conditions in indoor air flow simulation / Y. Li, S. Holmberg. – DOI 10.1016/0360-1323(94)90023-X // Building and Environment. – 1994. – Vol. 29. – № 3. – P. 275-281.

139. Evaluation of air diffuser flow modelling methods experiments and computational fluid dynamics simulations / J. R. Fontaine, R. Rapp, H. Koskela, R. Niemelä. – DOI 10.1016/j.buildenv.2004.06.021 // Building and Environment. – 2005. – Vol. 40. – № 3. – P. 377-389.

140. Axley, J. Multizone Airflow Modeling in Buildings: History and Theory / J. Axley. – DOI 10.1080/10789669.2007.10391462 // HVAC&R Research. – 2007. – Vol. 13. – № 6. – P. 907-928.

141. Chen, Q. Ventilation performance prediction for buildings: A method overview and recent applications / Q. Chen. – DOI 10.1016/j.buildenv.2008.05.025 // Building and Environment. – 2009. – Vol. 44. – № 4. – P. 848-858.

142. Nielsen, P. V. Computational fluid dynamics and room air movement / P. V. Nielsen. – DOI 10.1111/j.1600-0668.2004.00282.x // Indoor Air. – 2004. – Vol. 14. – № 7. – P. 134-143.

143. Hang, J. Wind Conditions in Idealized Building Clusters: Macroscopic Simulations Using a Porous Turbulence Model / J. Hang, Y. Li. – DOI 10.1007/s10546-010-9490-3 // Boundary-Layer Meteorology. – 2010. – Vol. 136. – № 1. – P. 129-159.

144. Karimipناه, T. Theoretical and experimental investigation of impinging jet ventilation and comparison with wall displacement ventilation, title / T. Karimipناه, H. B. Awbi // Building and Environment. – 2002. – № 37. – P. 1329 – 1342.

145. Gao, N. P. CFD Study of the Thermal Environment around a Human Body: A Review / N. P. Gao, J. L. Niu. – DOI 10.1177/1420326X05050132 // Indoor and Built Environment. – 2005. – Vol. 14. – № 1. – P. 5-16.

146. Craven, B. A. A Computational and Experimental Investigation of the Human Thermal Plume / B. A. Craven, G. S. Settles. – DOI 10.1115/1.2353274 // Journal of Fluids Engineering. – 2006. – Vol. 128. – № 6. – P. 1251-1258.

147. Comparison of performances of displacement and mixing ventilations. Part I: thermal comfort / Z. Lin, T. T. Chow, K. F. Fong [et al.]. – DOI

10.1016/j.ijrefrig.2004.04.005 // International Journal of Refrigeration. – 2005. – Vol. 28. – № 2. – P. 276-287.

148. Tan, G. Application of integrating multi-zone model with CFD simulation to natural ventilation prediction / G. Tan, L. R. Glicksman. – DOI 10.1016/j.enbuild.2004.12.009 // Energy and Buildings. – 2005. – Vol. 37. – № 10. – P. 1049-1057.

149. Hang, J. Age of air and air exchange efficiency in idealized city models / J. Hang, M. Sandberg, Y. Li. – DOI 10.1016/j.buildenv.2008.11.013 // Building and Environment. – 2009. – Vol. 44. – № 8. – P. 1714-1723.

150. Yang, L. City ventilation of Hong Kong at no-wind conditions / L. Yang, Y. Li. – DOI 10.1016/j.atmosenv.2009.02.062 // Atmospheric Environment. – 2009. – Vol. 43. – № 19. – P. 3111-3121.

151. Gao, N. Transient CFD simulation of the respiration process and inter-person exposure assessment / N. Gao, J. Niu. – DOI 10.1016/j.buildenv.2005.05.014 // Building and Environment. – 2006. – Vol. 41. – № 9. – P. 1214-1222.

152. Russo, J. S. CFD assessment of intake fraction in the indoor environment / J. S. Russo, H. Ezzat Khalifa. – DOI 10.1016/j.buildenv.2010.01.017 // Building and Environment. – 2010. – Vol. 45. – № 9. – P. 1968-1975.

153. Oberkampf, W. L. Verification and validation in computational fluid dynamics / W. L. Oberkampf, T. G. Trucano. – DOI 10.1016/S0376-0421(02)00005-2 // Progress in Aerospace Sciences. – 2002. – Vol. 38. – № 3. – P. 209-272.

154. Freitas, C. J. The issue of numerical uncertainty / C. J. Freitas. – DOI 10.1016/S0307-904X(01)00058-0 // Applied Mathematical Modelling. – 2002. – Vol. 26. – № 2. – P. 237-248.

155. Пузач, С. В. Математическое моделирование газодинамики и тепломассообмена при решении задач пожаровзрывобезопасности: монография / С. В. Пузач; М-во Российской Федерации по делам гражд. обороны, чрезвычайн. ситуациям и ликвидации последствий стихийн. бедствий, Акад. Гос. противопожар. службы. – Москва: Акад. ГПС МЧС России, 2002. – 149 с.

156. McGrattan, K. B. Fire dynamics simulator (version 4) / K. B. McGrattan. – Gaithersburg, MD, 2006.

157. Рекомендации по оптимизации действия систем пожаротушения, дымоудаления и вентиляции при пожарах: [утверждены приказом Москомархитектуры от 30.05.2005 N 72]. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200070216> (дата обращения: 07.06.2019).

158. Андерсон, Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. В 2 томах. Том 1 / Д. Андерсон, Д. Таннехилл, Р. Плетчер ; перевод с английского С. В. Сенина, Е. Ю. Шальмана; под редакцией Г. Л. Подвидза. – Москва : Мир, 1990. – 384 с. – ISBN 5-03-001927-8.

159. Андерсон, Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. В 2 томах. Том 2 / Д. Андерсон, Д. Таннехилл, Р. Плетчер ; перевод с английского С. В. Сенина, Е. Ю. Шальмана; Под редакцией Г. Л. Подвидза. – Москва : Мир, 1990. – 723 с. – ISBN 5-03-001928-6.

160. Юн, А. А. Теория и практика моделирования турбулентных течений / А. А. Юн. – Москва : Либроком, 2009. – 272 с. – ISBN 978-5-397-00583-8.

161. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский . - 6-е изд., перераб. и доп. – Москва : Наука, 1987. – 840 с.

162. Роуч, П. Д. Вычислительная гидродинамика / П. Д. Роуч ; перевод с английского В. А. Гущина, В. Я. Митницкого; под редакцией П. И. Чушкина. – Москва : Мир, 1980. – 616 с.

163. Патанкар, С. В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / С. В. Патанкар ; перевод с английского под ред. В. Д. Виленского. – Москва : Энергоатомиздат, 1984. – 150 с.

164. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен. В 2 книгах. Книга 1. / Б. Гебхард, Й. Джалурия, Р. Махаджан, Б. Саммакия ; перевод с английского под редакцией О. Г. Мартыненко. – Москва : Мир, 1991. – 678 с. – ISBN 5-03-002096-9.

165. Kays, W. M. Convective Heat and Mass Transfer / W. M. Kays, M. E. Crawford, B. Weigand . – [4th edition]. – New York : McGraw-Hill, 2004. – 546 p. – ISBN 978-0072468762.

166. Егоров, В. И. Точные методы решения задач теплопроводности : учебное пособие / В. И. Егоров. – Санкт-Петербург : СПб ГУ ИТМО, 2006. – 48 с.

167. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен. В 2 книгах. Книга 2. / Б. Гебхард, Й. Джалурия, Р. Махаджан, Б. Саммакия ; перевод с английского под редакцией О. Г. Мартыненко. – Москва : Мир, 1991. – 528 с. – ISBN 5-03-002097-7.

168. Электронный справочник «Термодинамические свойства индивидуальных веществ» : сайт / НИУ «МЭИ»; ОИВТ РАН. – Москва.

169. Белов, И. А. Моделирование турбулентных течений : учебное пособие / И. А. Белов, С. А. Исаев ; М-во образования Рос. Федерации. Балт. гос. техн. ун-т «Военмех» – Санкт-Петербург : БГТУ, 2001. – 107 с.

170. Белов, И. А. Задачи и методы расчета отрывных течений несжимаемой жидкости / И. А. Белов, С. А. Исаев, В. А. Коробков. – Ленинград : Судостроение, 1989. – 252 с. – ISBN 5-7355-0072-4.

171. Кутателадзе, С. С. Основы теории теплообмена / С. С. Кутателадзе . – [5-е издание, дополненное]. – Москва : Атомиздат, 1979. – 415 с.

172. Rim, D. Ventilation effectiveness as an indicator of occupant exposure to particles from indoor sources / D. Rim, A. Novoselac. – DOI 10.1016/j.buildenv.2009.11.004 // Building and Environment. – 2010. – Vol. 45. – № 5. – P. 1214-1224.

173. Comparison of air change efficiency, contaminant removal effectiveness and infection risk as IAQ indices in isolation rooms / J. M. Villafruela, F. Castro, J. F. San José, J. Saint-Martin. – DOI 10.1016/j.enbuild.2012.10.053 // Energy and Buildings. – 2013. – Vol. 57. – P. 210-219.

174. Дюбанов, М. В. Моделирование динамики распространения вредных химических веществ в атмосфере в результате техногенной аварии на опасном производственном объекте / М. В. Дюбанов, О. И. Седяров, А. В. Артемов //

Актуальные научные и научно-технические проблемы обеспечения химической безопасности России : Материалы III российской конференции с международным участием ; под редакцией А.В. Рощина. – Киров : Международный центр научно-исследовательских проектов, 2016. – С. 136.

175. Математическое моделирование микроклимата производственных помещений / О. И. Седяров, В. В. Куранов, В. Ю. Алейников, О. О. Петрова // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018) : сборник материалов Международной научно-технической конференции / РГУ им А. Н. Косыгина. – Москва : ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2018. – Т. 3. – С. 125-128.

176. Анализ и моделирование состояния воздуха рабочей зоны предприятий текстильной и легкой промышленности / О. И. Седяров, В. В. Куранов, В. Ю. Алейников [и др.] // Дизайн и технологии. – 2018. – № 66 (108). – С. 98-104.

177. Градецкий, В. Г. Моделирование движений человека для промышленных применений / В. Г. Градецкий ; Препринт / Ин-т пробл. механики Российской акад. наук; № 852. – Москва : Ин-т пробл. механики, 2008. – 43 с.

178. Оленьков, В. Д. Технологии виртуальной реальности для визуализации задач моделирования параметров микроклимата застройки / В. Д. Оленьков, А. Д. Бирюков, А. О. Колмогорова. – DOI 10.22227/1997-0935.2021.5.557-569 // Вестник МГСУ. – 2021. – № 5. – С. 557-569.

179. Evaluation of heat transfer coefficients in various air-conditioning modes by using thermal manikin / S. Lee, M. Nogami, S. Yamaguchi [et al.] // Proc. 13th International Building Performance Simulation Association Conference (BS2013). – Chambéry, France, 2013. – P. 2289-2296.

180. Computational fluid dynamics in ventilation design / P. V. Nielsen, F. Allard, H. B. Awbi [et al.]. – Brussels : RHEVA (Federation of European Heating and Air-Conditioning Association), 2007. – 104 p. – ISBN 9782960046892.

181. Ansys Fluent. Fluid Simulation Software : сайт. – Canonsburg. – URL: <https://www.ansys.com/products/fluids/ansys-fluent> (date accessed: 06.07.2019). – Text : electronic.

182. Platform Product: COMSOL MULTIPHYSICS. Understand, Predict, and Optimize Physics-Based Designs and Processes with COMSOL Multiphysics : сайт. – Stockholm. – URL: <https://www.comsol.com/comsol-multiphysics> (date accessed: 06.07.2019). – Text : electronic.

183. Simcenter STAR-CCM+. Engineer innovation with multiphysics computational fluid dynamics (CFD) simulation : сайт. – Munich. – URL: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/simcenter/STAR-CCM.html> (date accessed: 06.07.2019). – Text : electronic.

184. FLOW-3D. Solving the World's Toughest CFD Problems : сайт. – Santa Fe, 2000 -. – URL: <https://www.flow3d.com/> (date accessed: 06.07.2019). – Text : electronic.

185. CHAM. Experts in CFD software and consultancy. Phoenics : сайт. – London. – URL: <http://www.cham.co.uk/phoenics.php> (date accessed: 06.07.2019). – Text : electronic.

186. OpenFOAM : сайт. – Bracknell. – URL: <https://www.openfoam.com/> (date accessed: 06.07.2019). – Text : electronic.

187. OpenFOAM and The OpenFOAM Foundation : сайт. – London, 2011 -. – URL: <https://openfoam.org/> (date accessed: 06.07.2019). – Text : electronic.

188. Elmer : сайт. – Espoo. – URL: <https://www.csc.fi/web/elmer> (date accessed: 06.07.2019). – Text : electronic.

189. code_saturne : сайт. – URL: <https://www.code-saturne.org/cms/web/> (date accessed: 06.07.2019). – Text : electronic.

190. Крапошин, М. В. Школа-семинар «Основы использования OpenFOAM, SALOME и ParaView». ВВЕДЕНИЕ / М. В. Крапошин, М. В. Самоваров, С. В. Стрижак. – Текст : электронный. – 2017. – URL: <https://docplayer.com/41314275-Shkola-seminar-osnovy-ispolzovaniya-openfoam-salome-i-paraview-vvedenie.html> (дата обращения: 14.09.2018).

191. Blender. Free Software Never Looked This Awesome : сайт. – Амстердам, 2002. -. – URL: <https://www.blender.org/> (date accessed: 07.07.2021). – Text : electronic.

192. FreeCAD. Your own 3D parametric modeler. – URL: <https://www.freecadweb.org/index.php> (date accessed: 07.07.2021). – Text : electronic.
193. OpenCascade. Backing your path to digital future : site. – Paris. – URL: <https://www.opencascade.com/> (date accessed: 07.07.2021). – Text : electronic.
194. Salome. The open source integration platform for numerical simulation : site. – Guyancourt, 2005 – . – URL: <https://www.salome-platform.org/> (date accessed: 06.07.2019). – Text : electronic.
195. Fire Dynamics Simulator (FDS) and Smokeview (SMV) : сайт. – Екатеринбург, 2007 –. – URL: <http://fds.sitis.ru/> (дата обращения: 07.07.2021). – Текст : электронный.
196. Welcome to ParaView : site. – New York. – URL: <https://www.paraview.org/> (date accessed: 07.07.2021). – Text : electronic.
197. Visit: Scalable, Open source Visualization and Data analysis from Laptop to LCF : site. – URL: <https://visit-dav.github.io/visit-website/> (date accessed: 07.07.2021). – Text : electronic.
198. Inagaki, M. A mixed-time-scale sgs model with fixed model-parameters for practical LES / M. Inagaki, T. Kondoh, Y. Nagano // Journal of Fluids Engineering. – 2005. – Vol. 127. – № 1. – P. 1-13.
199. Huang, P. G. Compressible turbulent channel flows: DNS results and modelling / P. G. Huang, G. N. Coleman, P. Bradshaw. – DOI 10.1017/S0022112095004599 // Journal of Fluid Mechanics. – 1995. – Vol. 305. – P. 185-218.
200. Girimaji, S. S. Partially-averaged Navier-Stokes model for turbulence: a Reynolds-averaged Navier-Stokes to direct numerical simulation bridging method / S. S. Girimaji // Journal of Applied Mechanics. – 2006. – Vol. 73. – № 3. – P. 422-429.
201. Волков, К. Н. Моделирование крупных вихрей в расчетах турбулентных течений / К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 368 с. – ISBN 978-5-9221-0920-8.

202. Breuer, M. A challenging test case for large eddy simulation: high Reynolds number circular cylinder flow / M. Breuer. – DOI 10.1016/S0142-727X(00)00056-4 // International Journal of Heat and Fluid Flow. – 2000. – Vol. 21. – № 5. – P. 648-654.

203. Седяров, О. И. Методика определения теплоступлений в производственных помещениях текстильных предприятий / О. И. Седяров, А. Д. Давыдова, О. С. Кочетов // сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа : Общество с ограниченной ответственностью «ОМЕГА САЙНС», 2021. – С. 66-68.

204. Тихонова, Н. С. Микроклимат отмоочно-зольных цехов кожевенного производства и его влияние на условия труда работающих / Н. С. Тихонова, Г. А. Свищев, О. И. Седяров // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2014) : сборник материалов Международной научно-технической конференции / Московский государственный университет дизайна и технологии. – Москва : ФГБОУ ВО «МГУДТ», 2014. – С. 20-22.

205. Аналитическое исследование теплообмена при нагреве или охлаждении лимитированного объема жидкости / А. А. Александров, В. А. Акатьев, О. И. Седяров [и др.]. – DOI 10.18698/1812-3368-2021-6-17-34 // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Естественные науки. – 2021. – № 6 (99). – С. 17-34.

206. Тихонова, Н. С. Моделирование температурно-влажностного режима отмоочно-зольных цехов и сравнение его результатов с экспериментальными / Н. С. Тихонова, Г. А. Свищев, О. И. Седяров // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2014) : сборник материалов Международной научно-технической конференции / Московский государственный университет дизайна и технологии. – Москва : ФГБОУ ВО «МГУДТ», 2014. – С. 64-65.

207. Тихонова, Н. С. Анализ состояния температурно-влажностного режима производств легкой промышленности и его воздействие на работающих / Н. С. Тихонова, Г. А. Свищев, О. И. Седяров // Дизайн, технологии и инновации в

текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2015) : сборник материалов международной научно-технической конференции / Московский государственный университет дизайна и технологии. – Москва : ФГБОУ ВО «МГУДТ», 2015. – Т. 3. – С. 99-102.

208. Моделирование теплового воздействия на технологическом потоке сборки обуви / А. В. Пикалёв, Г. А. Свищев, О. И. Седяров, В. В. Куранов // Дизайн и технологии. – 2011. – № 26 (68). – С. 26-31.

209. Analytical Study of Nonstationary Modes in Recuperative Heat Exchangers / A. A. Aleksandrov, V. A. Akatev, M. P. Tyurin [et al.]. – DOI 10.18698/1812-3368-2020-5-60-71. – Text : electronic // Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Natural Sciences. – 2020. – Vol. 5. – № 5 (92). – P. 60-71. – URL: <http://vestniken.ru/eng/catalog/phys/therph/944.html> (date accessed: 31.12.2020).

210. Патент № RU 2669175 Российская Федерация, МПК F24F13/00. Утилизатор тепла с кипящим слоем инертной насадки : N 2018101952 : заявл. 18.01.2018 : опубл. 08.10.2018 / Седяров О. И. – 3 с. : ил.

211. Свищев, Г. А. Моделирование теплового комфорта на технологическом потоке сборки обуви / Г. А. Свищев, О. И. Седяров, А. В. Пикалёв // Дизайн и технологии. – 2010. – Т. 62. – № 20. – С. 13-20.

212. Установка для извлечения ртути из люминесцентных ламп / Е. С. Бородина, О. С. Кочетов, О. И. Седяров [и др.] // IV международная конференция «Актуальные научные и научно-технические проблемы обеспечения химической безопасности» : материалы конференции / ИХФ им. Н. Н. Семенова РАН. – Москва : ФГБУН Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской Академии Наук, 2018. – С. 141.

213. Адсорбер для очистки воздуха от паров ртути содержащих веществ / Е. С. Бородина, О. С. Кочетов, О. И. Седяров [и др.] // IV международная конференция «Актуальные научные и научно-технические проблемы обеспечения химической безопасности» : материалы конференции / ИХФ им. Н. Н. Семенова РАН. – Москва : ФГБУН Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской Академии Наук, 2018. – С. 147.

214. Гуторова, Н. В. Анализ загрязнения атмосферного воздуха меховыми предприятиями / Н. В. Гуторова, О. И. Седяров, А. В. Артемов // Дизайн и технологии. – 2009. – № 14. – С. 88-96.

215. Анализ современного состояния нормативной базы по расчету выделения загрязняющих веществ от технологического оборудования обувных предприятий и нормированию предельно допустимых выбросов / С. П. Подгорная, О. И. Богданов, О. И. Седяров, А. Б. Алибеков // Дизайн и технологии. – 2012. – Т. 73. – № 31. – С. 67-73.

216. Гуторова, Н. В. Определение допустимого содержания загрязняющих веществ с учетом их взаимного влияния (на примере выбросов обувного предприятия) / Н. В. Гуторова, А. В. Артемов, О. И. Седяров // Дизайн и технологии. – 2011. – Т. 64. – № 22. – С. 61-65.

217. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № RU 2015663369 Российская Федерация, . Программная прошивка микропроцессорного устройства модульной мониторинговой системы «ИБПОС» : N 2015660001 : заявл. 19.10.2015 : опубл. 16.12.2015 / Халитов К. А., Седяров О. И., Белоус Е. А.; заявитель Московский государственный университет дизайна и технологии. – 1 с. : 3,5 кб.

218. Дюбанов, М. В. Разработка программно-аппаратного комплекса для обеспечения химической безопасности на предприятиях легкой промышленности / М. В. Дюбанов, О. И. Седяров, А. В. Артемов // Повышение эффективности процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности : сборник научных трудов Международной научно-технической конференции, посвящённой 105-летию со дня рождения А. Н. Плановского / Московский государственный университет Дизайна и Технологии. – Москва : ФГБОУ ВО «МГУДТ», 2016. – Т. 2. – С. 297-299.

219. Курицин, И. Н. Оценка качества воздуха рабочей зоны при получении модифицированного ПЭТФ-волокна методом крейзинга / И. Н. Курицин, О. И. Седяров, Н. В. Гуторова // Повышение эффективности процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности : сборник научных

трудов Международной научно-технической конференции, посвящённой 105-летию со дня рождения А. Н. Плановского / Московский государственный университет Дизайна и Технологии. – Москва : ФГБОУ ВО «МГУДТ», 2016. – Т. 2. – С. 305-307.

220. Дюбанов, М. В. Система непрерывного управления химической безопасностью на предприятиях легкой промышленности / М. В. Дюбанов, О. И. Седяров // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2015) : сборник материалов международной научно-технической конференции / Московский государственный университет дизайна и технологии. – Москва : ФГБОУ ВО «МГУДТ», 2015. – Т. 3. – С. 83-85.

221. Практическая реализация и порядок измерения на многокомпонентной автоматизированной беспроводной системе экологического мониторинга воздуха предприятий лёгкой промышленности / А. В. Ильинская, А. В. Кочеров, О. И. Седяров, В. В. Куранов // Дизайн и технологии. – 2012. – № 28 (70). – С. 96-101.

222. Алгоритм расчёта допустимого содержания загрязняющих веществ в разных средах с учётом синергизма действия поллютантов / А. А. Григорьев, А. В. Артемов, О. И. Седяров [и др.] // Дизайн и технологии. – 2012. – № 29 (71). – С. 76-78.

223. Богданов, О. И. Моделирование распространения вредных веществ в производственных цехах обувных предприятий / О. И. Богданов, О. И. Седяров // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 5. – С. 104-109.

224. Кочеров, А. В. Многокомпонентная автоматизированная беспроводная система мониторинга загрязнения воздуха на предприятиях легкой промышленности / А. В. Кочеров, О. И. Седяров, А. В. Хилинич // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2011. – Т. 11. – № 1. – С. 101-105.

225. Кочеров, А. В. Автоматизированная беспроводная система мониторинга загрязнения воздуха на предприятиях лёгкой промышленности / А. В. Кочеров,

О. И. Седяров, А. В. Хилинич // Дизайн и технологии. – 2011. – № 22 (64). – С. 76-81.

226. Алейников, В. Ю. Моделирование состояния воздуха рабочей зоны обувного производства / В. Ю. Алейников, В. В. Костылева, О. И. Седяров // Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий : сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической заочной конференции. – Москва : ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2020. – С. 164-167.

227. Отрубянников, Е. В. Исследование гидродинамических процессов с помощью имитационной модели на примере аппарата фонтанирующего слоя / Е. В. Отрубянников, О. И. Седяров, А. П. Полиефтова. – DOI 10.37816/2713-0789-2021-1-2-70-80 // Промышленные процессы и технологии. – 2021. – Т. 1. – № 2. – С. 70-80.

228. Авторское свидетельство № SU 1428429 А1 СССР, МПК В01D 45/06. Сепаратор : N 4189435 : заявл. 02.02.1987 : опубл. 07.10.1988 / Чугунков В. В., Седышев А. В., Седяров О. И. [и др.]; заявитель МВТУ им. Н. Э. Баумана, Предприятие П/Я Г-4213. – 3 с. : ил.

229. Патент № RU 2669819 С1 Российская Федерация, МПК В01D 47/06, В05В 1/34. Скруббер : N 2018101953: заявл. 18.01.2018 : опубл. 16.10.2018 / Седяров О. И. – 4 с. : ил.

230. Алейников, В. Ю. О средствах индивидуальной защиты от вредных производственных факторов воздушной среды обувного предприятия / В. Ю. Алейников, В. В. Костылева, О. И. Седяров // Наука молодых – будущее России : сборник научных статей 3-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. – Курск : Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2018. – Т. 6. – С. 302-304.

231. Патент Российская Федерация, МПК В01D 47/06, В05В 1/34. Скруббер : N 2018102336: заявл. 22.01.2018 : опубл. 16.10.2018 / Седяров О. И. – 4 с.

232. Седяров, О. И. Численное моделирование внутренней аэродинамики и пылеулавливания в сухих гравитационных и инерционных пылеуловителях /

О. И. Седяров, В. В. Куранов, О. С. Моргун // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018) : сборник материалов Международной научно-технической конференции / РГУ им. А. Н. Косыгина. – Москва : ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2018. – Т. 3. – С. 122-124.

233. Численное моделирование процессов пылеулавливания в сухих гравитационных и инерционных пылеуловителях с использованием свободного программного обеспечения / О. И. Седяров, С. В. Куранова, О. С. Моргун [и др.] // Дизайн и технологии. – 2018. – № 67 (109). – С. 81-87.

234. Применение свободного программного обеспечения для моделирования процессов пыли и газоочистки / О. И. Седяров, Н. С. Тихонова, И. Н. Курицин, В. В. Куранов // Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе : сборник научных статей Первых Международных Лыковских научных чтений, посвящённых 105-летию академика А.В. Лыкова / Московский государственный университет дизайна и технологии. – Курск : Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2015. – С. 428-433.

235. Кочетов, О. С. Двухступенчатая система очистки воздуха / О. С. Кочетов, О. И. Седяров, О. С. Моргун // Технические науки на службе созидания и прогресса : сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа : Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна», 2017. – С. 133-135.

236. Кочетов, О. С. Повышение эффективности процесса пылеулавливания / О. С. Кочетов, О. И. Седяров, О. О. Петрова // Интеграционные процессы в науке в современных условиях. сборник : сборник статей Международной научно-практической конференции. – Казань : Общество с ограниченной ответственностью «ОМЕГА САЙНС», 2017. – С. 94-96.

237. Седяров, О. И. Адсорбер для очистки выбросов гребнечесального цеха текстильного предприятия / О. И. Седяров, А. Д. Давыдова, О. С. Кочетов // Новые информационные технологии как основа эффективного инновационного развития : сборник статей Международной научно-практической конференции. –

Уфа : Общество с ограниченной ответственностью «ОМЕГА САЙНС», 2021. – С. 62-64.

238. Кочетов, О. С. Расчет параметров аэродинамического шума вентиляционных систем / О. С. Кочетов, Е. С. Бородина, О. И. Седяров // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ - 2020) : сборник статей XII Международной научно-технической конференции, посвященной 25-летию кафедры технологии материалов и транспорта / Юго-Западный государственный университет. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 215-219.

239. Применение модуля акустического мониторинга системы «ИБПОС» на предприятиях лёгкой промышленности / К. А. Халитов, В. В. Куранов, О. И. Седяров, Е. А. Белоус // Технологии и материалы в производстве инновационных потребительских товаров : сборник научных статей к 80 - летию со дня рождения В.А. Фукина. – Москва : ФГБОУ ВО «МГУДТ», 2015. – Т. 1. – С. 146-151.

240. Халитов, К. А. Применение модуля акустического мониторинга системы «ИБПОС» на предприятиях лёгкой промышленности / К. А. Халитов, О. И. Седяров // Дизайн и технологии. – 2015. – № 49 (91). – С. 84-90.

241. Sedlyarov, O. I. Quality of Air Medium of Production Compartments of Enterprises Involved in Production of Chemical Fibers and Methods of Simulation of the Air Medium / O. I. Sedlyarov, A. P. Polieftova, V. Y. Aleinikov. – DOI 10.1007/s10692-020-10104-x // Fibre Chemistry. – 2019. – Vol. 51. – № 4. – P. 312-317.

242. Анализ нормативной базы в области нормирования качества воздуха рабочей зоны предприятий по производству обуви / О. И. Богданов, С. П. Подгорная, О. И. Седяров, А. Б. Алибеков // Дизайн и технологии. – 2012. – № 30 (72). – С. 74-81.

243. Efficiency of Fire- and Explosion Protection Devices in Production Processes / O. S. Kochetov, M. P. Tyurin, O. I. Sedlyarov [et al.]. – DOI 10.1007/s10692-019-10062-z // Fibre Chemistry. – 2019. – Vol. 51. – № 2. – P. 153-156.

244. Тихонова, Н. С. Быстровозводимые здания из легких конструктивных материалов и их инженерно-техническое обеспечение / Н. С. Тихонова, Г. А. Свищев, О. И. Седяров // Дизайн и технологии. – 2014. – № 39 (81). – С. 61-66.

245. Система охлаждения паро-инжекционного типа парогазовой установки / Н. В. Дерюгин, Е. С. Бородина, О. И. Седяров, М. П. Тюрин // Дизайн и технологии. – 2020. – № 76 (118). – С. 78-82.

246. Meier, K. A Molecular Dynamics Simulation Study of the Self-Diffusion Coefficient and Viscosity of the Lennard–Jones Fluid / K. Meier, A. Laesecke, S. Kabelac. – DOI 10.1023/A:1006715921252 // International Journal of Thermophysics. – 2001. – № 22. – P. 161–173.

247. Варгафтик, Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н. Б. Варгафтик : 2-е изд., доп. и перераб. – Москва : Наука, 1972. – 721 с.

248. Чичиндаев, А. В. 3D–моделирование тепловых процессов в системе «человек – окружающая среда» / А. В. Чичиндаев, Н. Н. Евтушенко, И. В. Хромова // Системы анализа и обработки данных. – 2013. – № 4(53). – С. 55-62.

249. Чичиндаев, А. В. Теплообмен в системе «человек – окружающая среда» в условиях низких температур : монография / А. В. Чичиндаев, И. В. Хромова. – Новосибирск : НГТУ, 2018. – 214 с. – ISBN 978-5-7782-3492-5.

250. Кудрявцев, В. И. Усовершенствованная технология проектирования теплозащитной одежды на основе уточнённых моделей теплообмена : специальность 05.19.04 «Технология швейных изделий» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кудрявцев Виталий Игоревич ; Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса. – Новочеркасск, 2004. – 197 с.

251. Черунова, И. В. Построение математической модели теплообмена системы «Человек-одежда-среда» для проектирования одежды как защиты человека от критических температур / И. В. Черунова // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2007. – № 2. – С. 43-46.

252. Денисихина, Д. М. Модель человека в задачах расчета распределенных параметров микроклимата в помещении / Д. М. Денисихина // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 2(32). – С. 192-199.

253. Ferreira, M. S. A transient three-dimensional heat transfer model of the human body / M. S. Ferreira, J. I. Yanagihara. – DOI 10.1016/j.icheatmasstransfer.2009.03.010 // International Communications in Heat and Mass Transfer. – 2009. – Vol. 36. – № 7. – P. 718-724.

254. Fiala, D. Modelling Human Heat Transfer and Temperature Regulation / D. Fiala, G. Havenith // The Mechanobiology and Mechanophysiology of Military-Related Injuries. – 2016. – P. 265-302.

255. Умняков, П. Н. Основы расчета и прогнозирования теплового комфорта и экологической безопасности на предприятиях текстильной и легкой промышленности / П. Н. Умняков. – Москва : Информ-Знание, 2003. – 400 с. – ISBN 5-8032-0049-2.

256. Fire Dynamics Simulator User's Guide / K. McGrattan, S. Hostikka, J. Floyd [et al.]. – 6. – National Institute of Standards and Technology Special Publication 1019, 2021. – 424 p. – URL: <https://pages.nist.gov/fds-smv/manuals.html> (date accessed: 09.11.2021). – Text : electronic.

257. ГОСТ 26165-2003. Обувь детская. Общие технические условия : межгосударственный стандарт: введен в действие постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 9 марта 2004 г. N 108-ст : дата введения 2004-10-01. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200036306> (дата обращения: 12.08.2019).

258. ГОСТ Р ИСО 16000-8-2011. Воздух замкнутых помещений. Часть 8. Определение локального среднего «возраста» воздуха в зданиях для оценки условий вентиляции : национальный стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому

регулированию и метрологии от 7 декабря 2011 г. N 728-ст : дата введения 01.12.2012. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200089436> (дата обращения: 08.09.2020).

259. Sandberg, M. What is ventilation efficiency? / M. Sandberg. – DOI 10.1016/0360-1323(81)90028-7 // Building and Environment. – 1981. – Vol. 16. – № 2. – P. 123-135.

260. Sandberg, M. The use of moments for assessing air quality in ventilated rooms / M. Sandberg, M. Sjöberg. – DOI 10.1016/0360-1323(83)90026-4 // Building and Environment. – 1983. – Vol. 18. – № 4. – P. 181-197.

261. Методические указания : 4.3. Методы контроля. Физические факторы : Методические указания по измерению и оценке микроклимата производственных помещений (МУК 4.3.2756-10): [утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г. Г. Онищенко 12 ноября 2010 г. : введены впервые: дата введения 12.11.2010]. – Москва : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. – 30 с.

262. ГОСТ 12.1.014-84. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками : межгосударственный стандарт : Издание (октябрь 2010 г.) с Изменением N 1, утвержденным в марте 1990 г. : введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 14 декабря 1984 г. N 4362 : дата введения 1986-01-01. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200317> (дата обращения: 11.05.2011).

263. ГОСТ Р 51712-2001. Трубки индикаторные. Общие технические условия : государственный стандарт Российской Федерации: принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 9 февраля 2001 г. N 63-ст : введен впервые : дата введения 2002-01-01 : переиздание март 2006. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой

информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200017543> (дата обращения: 11.05.2011).

264. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны / С. И. Муравьева, М. И. Буковский, Е. К. Прохорова, [и Др.]. – Москва : Химия, 1991. – 368 с. – ISBN 5-7245-0141-4.

265. ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения : национальный стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. N 1045-ст : введен впервые : дата введения 2013-01-01. – Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт], .

266. ГОСТ 12.1.016-79. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентраций вредных веществ: [введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 15 мая 1979 г. N 1710 : дата введения 1982-01-01 : издание (октябрь 2001 г.) с Изменением N 1, утвержденным в июне 1983 г. : переиздание (по состоянию на апрель 2008 г.)]. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200319> (дата обращения: 11.05.2011).

267. Andrews, M. J. The multiphase particle-in-cell (MP-PIC) method for dense particulate flows / M. J. Andrews, P. J. O'Rourke. – DOI 10.1016/0301-9322(95)00072-0 // International Journal of Multiphase Flow. – 1996. – Vol. 22. – № 2. – P. 379-402.

268. Гуторова, Н. В. Оценка и моделирование экологической обстановки на предприятиях легкой промышленности : специальность 05.19.05 «Технология кожи, меха обувных и кожевенно-галантерейных изделий»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гуторова Наталья Васильевна ; Московский государственный университет дизайна и технологии. – Москва, 2011. – 169 с.

269. Инструкция по контролю установленных величин ПДВ (ВСВ) и инвентаризации источников выбросов в атмосферу на предприятиях кожевенной промышленности: [утверждена Заместителем Министра легкой промышленности СССР Э. И. Разумеевым 21.03.88]. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – 1988. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200046677> (дата обращения: 06.05.2019).

270. Инструкция по контролю установленных величин ПДВ (ВСВ) и инвентаризации источников выбросов в атмосферу и паспортизации газопылеулавливающих установок на предприятиях легкой промышленности СССР (общая часть). – Москва : ЦНИИТЭИлегпром, 1985. – 146 с.

271. Инструкция по контролю установленных величин ПДВ (ВСВ) и инвентаризации источников выбросов в атмосферу на предприятиях обувной промышленности СССР. – Москва : ЦНИИТЭИлегпром, 1987. – 123 с.

272. Инструкция по контролю установленных величин ПДВ (ВСВ) и инвентаризации источников выбросов в атмосферу на предприятиях меховой промышленности. – Москва : ЦНИИТЭИлегпром, 1988. – 124 с.

273. Бретшнайдер, Б. Охрана воздушного бассейна от загрязнений : Технология и контроль / Б. Бретшнайдер, И. Курфюрст ; перевод с английского Н. Г. Вашкевич; под редакцией А. Ф. Туболкина. – Ленинград : Химия : Ленингр. отделение, 1989. – 287 с. – ISBN 5-7245-0170-5.

274. Pielke, R. A. Mesoscale Meteorological Modeling / R. A. Pielke. – New York : Academic Press, 1984. – 612 p.

275. VDI Guideline 3945. Part 1. Environmental meteorology - Atmospheric dispersion models; Gaussian Puff Model . – Technical Division Environmental Meteorology. – 1996. – 36 p.

276. Venkatram, A. Lectures on Air Pollution Modeling / A. Venkatram, J. C. Wyngaard. – Boston, MA : American Meteorological Society, 1988. – 390 p. – ISBN 9780933876675.

277. VDI Guideline 3945. Part 3. Environmental meteorology - Atmospheric dispersion models - Particle model. – Technical Division Environmental Meteorology. – 2000. – 60 p.

278. User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models, Volume 1 User Instructions : Volume 1. – Environmental Protection Agency, 1995. – 391 p.

279. User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models, Volume 2 Description of Model Algorithms : Volume II. – Environmental Protection Agency, 1995. – 129 p.

280. Дуничкин, И. В. Особенности аэрационного режима жилой застройки при развитии и реконструкции: На примере пятиэтажной застройки Москвы 1950-60-х годов, не подлежащей сносу : специальность 18.00.04 «Градостроительство, планировка сельскохозяйственных населенных пунктов»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Дуничкин Илья Владимирович ; Московский государственный строительный университет. – Москва, 2005. – 217 с.

281. Bottema, M. Urban roughness mapping—validation techniques and some first results / M. Bottema, P. G. Mestayer // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 1998. – № 74. – P. 163-173.

282. Bottema, M. Aerodynamic roughness parameters for homogeneous building groups : part 2: results : Document SUB-MESO 23 / M. Bottema. – Nantes : Ecole Centrale De Nantes, 1995. – 80 p.

283. Oke, T. R. Boundary Layer Climates / T. R. Oke. – London : Routledge, 1992. – 435 p. – ISBN 9780415043199.

284. Попова, И. В. Методика геоэкологической оценки комфортности городской среды с учетом микроклиматических особенностей : специальность 25.00.36 «Геоэкология»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Попова Ирина Владимировна ; Военно–воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина. – Воронеж, 2019. – 198 с.

285. Gandemer, J. Wind environment around buildings: aerodynamic concepts / J. Gandemer // International Conference on wind effects on buildings and structures : Proceedings, 4. – Cambridge : Cambridge University Press, 1977. – P. 423-432.

286. Leidl, B. M. Car exhaust dispersion in a street canyon. Numerical critique of a wind tunnel experiment / B. M. Leidl, R. N. Meroney. – DOI 10.1016/S0167-6105(97)00080-9 // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 1997. – Vols. 67-68. – P. 293-304.

287. Analysis of Pollutant Dispersion in a Realistic Urban Street Canyon Using Coupled CFD and Chemical Reaction Modeling / F. Gonzalez Olivardia, Q. Zhang, T. Matsuo [et al.]. – DOI 10.3390/atmos10090479 // Atmosphere. – 2019. – Vol. 10. – № 9. – P. 479.

288. Blocken, B. CFD simulation of the atmospheric boundary layer: wall function problems / B. Blocken, T. Stathopoulos, J. Carmeliet. – DOI 10.1016/j.atmosenv.2006.08.019 // Atmospheric Environment. – 2007. – Vol. 41. – № 2. – P. 238-252.

289. The surface energy balance and the mixing height in urban areas—activities and recommendations of COST-Action 715 / M. Piringer, S. Joffre, A. Baklanov [et al.]. – DOI 10.1007/s10546-007-9170-0 // Boundary-Layer Meteorology. – 2007. – Vol. 124. – № 1. – P. 3-24.

290. Chang, C.-H. Numerical and physical modeling of bluff body flow and dispersion in urban street canyons / C.-H. Chang, R. N. Meroney. – DOI 10.1016/S0167-6105(01)00129-5 // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 2001. – Vol. 89. – № 14-15. – P. 1325-1334.

291. Thickness of the Atmospheric Boundary Layer Above Dome A, Antarctica, during 2009 / C. S. Bonner, M. C. B. Ashley, X. Cui [et al.]. – DOI 10.1086/656250 // Publications of the Astronomical Society of the Pacific. – 2010. – Vol. 122. – № 895. – P. 1122-1131.

292. Pul, W. A. J. Van. A comparison of ABL heights inferred routinely from lidar and radiosondes at noontime / W. A. J. Van Pul, A. A. M. Holtslag, D. P. J. Swart. – DOI

10.1007/BF00712670 // *Boundary-Layer Meteorology*. – 1994. – Vol. 68. – № 1-2. – P. 173-191.

293. Huq, P. Measurements of Turbulence and Dispersion in Three Idealized Urban Canopies with Different Aspect Ratios and Comparisons with a Gaussian Plume Model / P. Huq, P. Franzese. – DOI 10.1007/s10546-012-9780-z // *Boundary-Layer Meteorology*. – 2013. – Vol. 147. – № 1. – P. 103-121.

294. Stoll, R. Large-Eddy Simulation of the Stable Atmospheric Boundary Layer using Dynamic Models with Different Averaging Schemes / R. Stoll, F. Porté-Agel. – DOI 10.1007/s10546-007-9207-4 // *Boundary-Layer Meteorology*. – 2007. – Vol. 126. – № 1. – P. 1-28.

295. Obukhov, A. M. Turbulence in an atmosphere with a non-uniform temperature / A. M. Obukhov. – DOI 10.1007/BF00718085 // *Boundary-Layer Meteorology*. – 1971. – Vol. 2. – № 1. – P. 7-29.

296. Computational fluid dynamics simulation and full-scale experimental model inter-comparison of the wind flow around a university campus / A. Dhunny, F. Toja-Silva, C. Peralta [et al.]. – DOI 10.1177/0309524X16666460 // *Wind Engineering*. – 2017. – Vol. 41. – № 1. – P. 43-54.

297. Atmospheric Boundary Layer Simulation Using Wall Function Approach in OpenFoam CFD Software / C. V. Okafor, U. J. Ezeokonkwo, D. A. Obodoh, P. Ogunoh. – DOI 10.24018/ejers.2018.3.2.597 // *European Journal of Engineering Research and Science*. – 2018. – Vol. 3. – № 2. – P. 1.

298. CFD and wind-tunnel analysis of outdoor ventilation in a real compact heterogeneous urban area: Evaluation using “air delay” / N. Antoniou, H. Montazeri, H. Wigo [et al.]. – DOI 10.1016/j.buildenv.2017.10.013 // *Building and Environment*. – 2017. – Vol. 126. – P. 355-372.

299. So, E. S. P. Large-eddy simulations of wind flow and pollutant dispersion in a street canyon / E. S. P. So, A. T. Y. Chan, A. Y. T. Wong. – DOI 10.1016/j.atmosenv.2005.02.044 // *Atmospheric Environment*. – 2005. – Vol. 39. – № 20. – P. 3573-3582.

300. Comparison of wind pressure measurements on tower-like structure obtained from full-scale observation, wind tunnel test, and the CFD technology / M. Watakabe, M. Ohashi, H. Okada [et al.]. – DOI 10.1016/S0167-6105(02)00290-8 // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 2002. – Vol. 90. – № 12-15. – P. 1817-1829.

301. Tamura, T. AIJ guide for numerical prediction of wind loads on buildings / T. Tamura, K. Nozawa, K. Kondo. – DOI 10.1016/j.jweia.2008.02.020 // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 2008. – Vol. 96. – № 10-11. – P. 1974-1984.

302. Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды : с изменениями на 10 мая 2019 года: [утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 июля 2015 года N 1316-р]. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420286994> (дата обращения: 12.11.2020).

303. ГОСТ Р 58577-2019. Правила установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ проектируемыми и действующими хозяйствующими субъектами и методы определения этих нормативов : национальный стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 октября 2019 г. N 888-ст : введен впервые : дата введения 2020-01-01. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200168569> (дата обращения: 12.11.2020).

304. Правила исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду : (с изменениями на 17 августа 2020 года): [утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 3 марта 2017 года N 255]. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420393404> (дата обращения: 12.10.2020).

305. Тагаева, Т. О. Совершенствование механизма экологических платежей с использованием результатов прогноза эколого-экономического развития РФ / Т. О. Тагаева // Проблемы прогнозирования. – 2011. – № 3. – С. 143-153.

306. Седяров, О. И. Эколого-экономический критерий оценки негативного воздействия промышленного предприятия на атмосферный воздух / О. И. Седяров // Технологии и материалы в производстве инновационных потребительских товаров : сборник научных статей к 80 - летию со дня рождения В.А. Фукина. – Москва : ФГБОУ ВО «МГУДТ», 2015. – Т. 1. – С. 118-124.

307. Гуторова, Н. В. Природоохранные особенности технологических процессов на обувных и кожевенных предприятиях Германии / Н. В. Гуторова, Н. Е. Денисов, О. И. Седяров // Сборник научных статей и воспоминаний «Памяти В.А. Фукина посвящается». – Москва : ФГБОУ ВО «МГУДТ», 2014. – Т. 2. – С. 105-115.

308. Белоус, Е. А. Анализ автоматизированных систем экологического мониторинга предприятий легкой промышленности / Е. А. Белоус, К. А. Халитов, О. И. Седяров // Сборник научных статей и воспоминаний «Памяти В.А. Фукина посвящается». – Москва : ФГБОУ ВО «МГУДТ», 2014. – С. 45-49.

309. Гуторова, Н. В. Алгоритм расчета интегрального показателя степени негативного воздействия промышленных сточных вод на водные объекты / Н. В. Гуторова, О. И. Седяров // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2020. – № 2 (386). – С. 184-188.

310. Гуторова, Н. В. Алгоритм расчета интегральной оценки степени загрязнения атмосферы организованными источниками выбросов промышленных предприятий / Н. В. Гуторова, О. И. Седяров. – DOI 10.17277/voprosy.2020.01.pp.019-024 // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2020. – № 1(75). – С. 19-24.

311. Современный подход к оценке негативного воздействия выбросов обувных предприятий на атмосферный воздух / А. А. Григорьев, Н. В. Гуторова, О. И. Седяров [и др.] // Дизайн и технологии. – 2012. – № 32 (74). – С. 63-68.

312. Предпосылки устойчивого эколого-экономического развития легкой промышленности России / Е. Г. Свищева, В. С. Белгородский, О. И. Седяров, А. В. Генералова // Дизайн и технологии. – 2016. – № 54 (96). – С. 92-98.

313. Патент № RU 140789 U1 Российская Федерация, МПК G08C 17/02. Устройство сбора данных о параметрах окружающей среды : N 2013151698/08 : заявл. 21.11.2013 : опубл. 20.05.2014 / Седяров О. И., Куранов В. В., Белоус Е. А. – 2 с. : ил.

314. Патент № RU 141212 U1 Российская Федерация, МПК G08C 17/02. Измерительный блок параметров окружающей среды : N 2013151696/08 : заявл. 21.11.2013 : опубл. 27.05.2014 / Седяров О. И. – 3 с. : ил.

315. Свищева, Е. Г. Экономика замкнутого цикла в текстильной и легкой промышленности / Е. Г. Свищева, А. В. Генералова, О. И. Седяров // Переработка отходов текстильной и легкой промышленности: теория и практика : материалы докладов Международной научно-практической конференции / Витебский государственный технологический университет. – Витебск : Витебский государственный технологический университет, 2016. – С. 89-93.

316. Экология и экономика: рост загрязнения атмосферы страны / Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики / / Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. – Июль 2018. – Выпуск № 39. – 19 с. – URL: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/17409.pdf> (дата обращения: 01.09.2020). – Текст : электронный.

317. Алгоритм расчета интегральной оценки степени загрязнения атмосферы / Н. В. Гуторова, А. В. Артемов, О. И. Седяров [и др.] . – Москва, 2011. – 8 с. – Зарег. в базе данных (реестре) РАО КОПИРУС 29.07.2011, № 011-001076.

318. ГОСТ Р 57700.37-2021. Компьютерные модели и моделирование Цифровые двойники изделия. Общие положения: национальный стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 сентября 2021 г. N 979-ст : дата введения 2022-01-01. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума

«Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200180928> (дата обращения: 20.09.2021).

319. ГОСТ Р 57700.21-2020. Компьютерное моделирование в процессах разработки, производства и обеспечения эксплуатации изделий. Термины и определения : национальный стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 ноября 2020 г. N 1131-ст : введен впервые : дата введения 2021-06-01. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573115942> (дата обращения: 20.09.2021).

320. ПНСТ 429-2020. Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 1. Общие положения : предварительный национальный стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 августа 2020 г. N 38-пнст : срок действия с 2021-01-01 до 2024-01-01. – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200174728> (дата обращения: 20.09.2021).

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Модель раскройно-вырубочного цеха

&HEAD CHID='RASKROINO-VYRUBOCNY-TSEKH'/

&MESH ID='TSEKH', IJK=240,180,19, XB=0.0,48,0.0,36,0.0,3.8/

&INIT XB= 0.0,48,0.0,36.,0.0,3.8, TEMPERATURE=22. /

&MISC TMPA=22. /

&TIME T_END=14400.0/

/=====СТЕНЫ ПОТОЛОК ДВЕРИ ОКНА=====

&OBST XB=0.0, 42.0, 0.0, 0.5, 0.0, 4.0, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/ СТЕНА

&OBST XB=0.0, 0.5, 0.0, 36.0, 0.0, 4.0, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/ СТЕНА

&OBST XB=0.0, 42.0, 35.5, 36.0, 0.0, 4.0, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/ СТЕНА

&OBST XB=41.5,42.0, 0.0, 36.0, 0.0, 4.0, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/ СТЕНА

&OBST XB=0.0, 42.0, 0.0, 36.0, 3.9, 4.0, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.0/

ПОТОЛОК

&OBST XB=19.0,24.0, 31.0, 36.0, 0.0, 4.0, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/ УЗЕЛ

ВВОДА

/=====ПАРАМЕТРЫ ОБОРУДОВАНИЯ=====

&SURF ID='PRESS 1', RGB=173, 255, 47, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.269/ ПРЕСС
ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ

&SURF ID='PRESS 2', RGB=127, 255, 212, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.250/ ПРЕСС
ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ

&SURF ID='PRESS 3', RGB=93,138,168, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.143/ ПРЕСС
ВЫРУБОЧНЫЙ

&SURF ID='PRESS 4', RGB=128, 0, 128, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.223/ ПРЕСС
ВЫРУБОЧНЫЙ

&SURF ID='PRESS 5', RGB=70, 130, 180, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.329/ ПРЕСС
ВЫРУБОЧНЫЙ

&SURF ID='PRESS 6', RGB=66, 49, 137, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.206/ ПРЕСС
ВЫРУБОЧНЫЙ

&SURF ID='PRESS 17', RGB=128, 128, 128, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.145/ ПРЕСС
ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ

&SURF ID='PRESS 13', RGB=1, 50, 32, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.175/ ПРЕСС
ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ

&SURF ID='MACHINE 7', RGB=128, 128, 15, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.041/
МАШИНА ДЛЯ СРЕЗАНИЯ КРАЁВ

&SURF ID='MACHINE 8', RGB=128, 128, 0, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.269/
МАШИНА ДЛЯ СПУСКАНИЯ КРАЁВ ВЕРХА

&SURF ID='MACHINE 9', RGB=107, 142, 35, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.243/
МАШИНА ДЛЯ СПУСКАНИЯ КРАЁВ ДЕТАЛЕЙ

&SURF ID='MACHINE 10', RGB=112, 128, 144, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.323/
МАШИНА ДЛЯ ДВОЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

&SURF ID='MACHINE 11', RGB=255, 55, 105, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.095/
МАШИНА ДЛЯ КЛЕЙМЕНИЯ

&SURF ID='MACHINE 12', RGB=46, 139, 87, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.027/
МАШИНА ДЛЯ КЛЕЙМЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

&SURF ID='MACHINE 14', RGB=0, 20, 168, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.197/
 МАШИНА ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ
 &SURF ID='MACHINE 15', RGB=153, 0, 102, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.026/
 МАШИНА ДЛЯ ПРИКЛЕИВАНИЯ ПОДОШВ
 &SURF ID='MACHINE 18', RGB=79, 121, 66, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.320/
 МАШИНА ДЛЯ ДВОЕНИЯ
 &SURF ID='MACHINE 19', RGB=255, 255, 100, CONVECTIVE_HEAT_FLUX=0.152/
 МАШИНА ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ СТЕЛЕК

&OBST XB=12.2, 13.4, 4.0, 5.2, 0.0, 1.4, SURF_ID='PRESS 3'/ ПРЕСС
 ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ДЛЯ ВЫРУБКИ ВЫРУБКИ ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
 &OBST XB=12.7, 14.0, 3.3, 4.0, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ
 &OBST XB=15.0, 16.3, 4.7, 5.3, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ
 &OBST XB=15.9, 17.0, 4.0, 4.7, 0.0, 1.5, SURF_ID='PRESS 2'/ ПРЕСС
 ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ
 &OBST XB=15.0, 16.3, 3.3, 4.0, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ
 &OBST XB=17.7, 18.9, 4.7, 5.3, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ
 &OBST XB=18.4, 19.6, 4.0, 4.7, 0.0, 1.5, SURF_ID='PRESS 2'/ ПРЕСС
 ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ
 &OBST XB=17.7, 18.9, 3.3, 4.0, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ
 &OBST XB=20.4, 21.8, 4.7, 5.3, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ
 &OBST XB=21.2, 22.4, 4.0, 4.7, 0.0, 1.5, SURF_ID='PRESS 2'/ ПРЕСС
 ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ
 &OBST XB=20.4, 21.8, 3.3, 4.0, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ
 &OBST XB=22.9, 24.0, 4.7, 5.3, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ
 &OBST XB=23.6, 24.7, 4.0, 4.7, 0.0, 1.5, SURF_ID='PRESS 2'/ ПРЕСС
 ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ
 &OBST XB=22.9, 24.0, 3.3, 4.0, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ
 &OBST XB=26.0, 27.3, 4.7, 5.3, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ
 &OBST XB=26.8, 27.9, 4.0, 4.7, 0.0, 1.5, SURF_ID='PRESS 2'/ ПРЕСС
 ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ
 &OBST XB=26.0, 27.3, 3.3, 4.0, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ
 &OBST XB=28.6, 29.7, 4.7, 5.3, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ
 &OBST XB=29.4, 30.4, 4.0, 4.7, 0.0, 1.5, SURF_ID='PRESS 2'/ ПРЕСС
 ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ
 &OBST XB=28.6, 29.7, 3.3, 4.0, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ
 &OBST XB=31.1, 32.4, 4.7, 5.3, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ
 &OBST XB=31.8, 33.1, 3.5, 4.7, 0.0, 1.6, SURF_ID='PRESS 1'/ ПРЕСС
 ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ ДЛЯ ВЫРУБКИ ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
 &OBST XB=33.7, 34.6, 4.4, 5.3, 0.0, 1.3, SURF_ID='MACHINE 11'/ МАШИНА ДЛЯ
 КЛЕЙМЕНИЯ
 &OBST XB=35.3, 36.1, 4.4, 5.3, 0.0, 1.3, SURF_ID='MACHINE 11'/ МАШИНА ДЛЯ
 КЛЕЙМЕНИЯ
 &OBST XB=36.8, 37.7, 4.4, 5.3, 0.0, 1.3, SURF_ID='MACHINE 11'/ МАШИНА ДЛЯ
 КЛЕЙМЕНИЯ

/ОБОРУДОВАНИЕ ПОТОК 4 РЯД 1
 &OBST XB=10.8, 11.9, 10.1, 10.8, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ
 &OBST XB=11.5, 12.5, 10.9, 11.5, 0.0, 1.5, SURF_ID='PRESS 2'/ ПРЕСС
 ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ
 &OBST XB=10.8, 11.9, 11.6, 12.1, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ
 &OBST XB=14.1, 15.3, 10.1, 10.7, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/ РАБОЧИЙ СТОЛ

&OBST XB=15.0, 16.0, 10.8, 11.5, 0.0, 1.5, SURF_ID='PRESS 2'/ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ	ПРЕСС
&OBST XB=14.1, 15.3, 11.6, 12.1, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=16.6, 17.7, 10.1, 10.7, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=17.3, 18.3, 10.8, 11.5, 0.0, 1.5, SURF_ID='PRESS 2'/ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ	ПРЕСС
&OBST XB=16.6, 17.7, 11.6, 12.1, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=19.1, 20.0, 10.2, 12.0, 0.0, 2.0, RGB=0, 0, 128/ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ	СТЕЛЛАЖ
&OBST XB=21.0, 21.9, 10.2, 12.0, 0.0, 0.9, RGB=128, 0, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=22.8, 23.9, 10.1, 10.7, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=23.5, 24.5, 10.8, 11.5, 0.0, 1.5, SURF_ID='PRESS 2'/ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ	ПРЕСС
&OBST XB=22.8, 23.9, 11.6, 12.1, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=27.2, 28.3, 10.0, 10.6, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=26.7, 27.8, 10.7, 11.9, 0.0, 1.4, SURF_ID='PRESS 3'/ ВЫРУБОЧНЫЙ	ПРЕСС
&OBST XB=29.0, 29.5, 11.1, 12.0, 0.0, 1.1, SURF_ID='MACHINE 8'/ СПУСКАНИЯ КРАЕВ ДЕТАЛЕЙ ЗАГОТОВОК ВЕРХА	МАШИНА ДЛЯ
&OBST XB=31.3, 31.8, 11.1, 11.8, 0.0, 1.1, SURF_ID='MACHINE 8'/ СПУСКАНИЯ КРАЕВ ДЕТАЛЕЙ ЗАГОТОВОК ВЕРХА	МАШИНА ДЛЯ
&OBST XB=32.7, 33.2, 11.1, 11.8, 0.0, 1.1, SURF_ID='MACHINE 8'/ СПУСКАНИЯ КРАЕВ ДЕТАЛЕЙ ЗАГОТОВОК ВЕРХА	МАШИНА ДЛЯ
&OBST XB=33.9, 34.5, 11.1, 11.8, 0.0, 1.1, SURF_ID='MACHINE 9'/ СПУСКАНИЯ ДЕТАЛЕЙ С НАПРАВЛЯЮЩЕЙ ЛАПКОЙ ЛАПКОЙ	МАШИНА ДЛЯ
&OBST XB=35.2, 35.8, 11.1, 11.8, 0.0, 1.1, SURF_ID='MACHINE 9'/ СПУСКАНИЯ ДЕТАЛЕЙ С НАПРАВЛЯЮЩЕЙ ЛАПКОЙ ЛАПКОЙ	МАШИНА ДЛЯ
&OBST XB=37.0, 37.7, 11.1, 11.8, 0.0, 1.2, SURF_ID='MACHINE 7'/ СРЕЗАНИЯ КРАЕВ ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА	МАШИНА ДЛЯ
 /ОБОРУДОВАНИЕ ПОТОК 3	
&OBST XB=9.2, 10.8, 18.7, 22.6, 0.0, 0.9, RGB=8, 37, 103/ ТРАНСПОРТИРОВКИ МАТЕРИАЛОВ	КОНТЕЙНЕР ДЛЯ
&OBST XB=13.5, 14.6, 20.1, 22.2, 0.0, 1.9, SURF_ID='PRESS 5'/ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ДЛЯ ВЫРУБКИ ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА	ПРЕСС
&OBST XB=17.3, 18.4, 20.0, 20.5, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=16.6, 17.8, 20.6, 22.0, 0.0, 1.6, SURF_ID='PRESS 4'/ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ДЛЯ ВЫРУБКИ ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА	ПРЕСС
&OBST XB=17.3, 18.4, 22.1, 22.6, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=20.8, 22.0, 20.0, 20.5, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=20.1, 22.4, 20.6, 22.0, 0.0, 1.6, SURF_ID='PRESS 4'/ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ДЛЯ ВЫРУБКИ ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА	ПРЕСС
&OBST XB=20.8, 22.0, 22.1, 22.5, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=23.4, 24.4, 20.0, 20.5, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=22.6, 23.8, 20.6, 22.0, 0.0, 1.6, SURF_ID='PRESS 1'/ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ С ПОВОРОТНЫМ УДАРНИКОМ	ПРЕСС
&OBST XB=23.4, 24.4, 22.1, 22.5, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=26.3, 27.4, 20.0, 20.5, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=25.6, 26.8, 20.8, 21.5, 0.0, 1.5, SURF_ID='PRESS 2'/ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ	ПРЕСС
&OBST XB=25.6, 26.8, 21.6, 22.3, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=28.8, 29.9, 20.0, 20.5, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ

&OBST XB=28.2, 29.3, 20.8, 21.5, 0.0, 1.5, SURF_ID='PRESS 2'/	ПРЕСС
ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ	
&OBST XB=28.8, 29.9, 21.6, 22.3, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=31.1, 32.2, 20.0, 20.5, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=30.5, 31.7, 20.6, 21.3, 0.0, 1.5, SURF_ID='PRESS 2'/	ПРЕСС
ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНСОЛЬНЫЙ	
&OBST XB=31.1, 32.2, 21.4, 22.3, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=34.1, 35.3, 20.0, 20.5, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=33.2, 34.8, 20.6, 22.0, 0.0, 1.6, SURF_ID='PRESS 4'/	ПРЕСС
ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ВЫРУБОЧНЫЙ	
&OBST XB=34.1, 35.3, 22.1, 22.5, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=36.8, 38.0, 20.0, 20.5, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=36.0, 37.3, 20.6, 22.0, 0.0, 1.6, SURF_ID='PRESS 4'/	ПРЕСС
ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ВЫРУБОЧНЫЙ	
&OBST XB=36.0, 37.3, 22.1, 22.5, 0.0, 0.9, RGB=141, 182, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
ОБОРУДОВАНИЕ ПОТОК 2	
&OBST XB=11.4, 12.0, 24.9, 26.4, 0.0, 1.2, SURF_ID='MACHINE 10'/	МАШИНА ДЛЯ
ДВОЕНИЯ ЛЕНТОЧНАЯ	
&OBST XB=13.4, 14.0, 24.9, 26.4, 0.0, 1.2, SURF_ID='MACHINE 10'/	МАШИНА ДЛЯ
ДВОЕНИЯ ЛЕНТОЧНАЯ	
&OBST XB=14.5, 15.4, 25.8, 27.2, 0.0, 1.4, SURF_ID='MACHINE 14'/	МАШИНА ДЛЯ
ФОРМОВАНИЯ СОЮЗКИ	
&OBST XB=14.8, 16.0, 27.3, 27.9, 0.0, 0.9, RGB=128, 0, 0/	СТОЛ РАБОЧИЙ
&OBST XB=17.5, 18.5, 24.9, 26.3, 0.0, 1.9, SURF_ID='PRESS 13'/	ПРЕСС ДЛЯ
ФОРМОВАНИЯ СТЕЛЕК	
&OBST XB=17.0, 17.5, 26.3, 27.6, 0.0, 0.9, RGB=128, 0, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=19.1, 20.2, 24.9, 26.3, 0.0, 1.9, SURF_ID='PRESS 13'/	ПРЕСС ДЛЯ
ФОРМОВАНИЯ СТЕЛЕК	
&OBST XB=21.2, 22.0, 24.9, 25.8, 0.0, 1.3, RGB=255, 55, 105/	МАШИНА ДЛЯ
КЛЕЙМЕНИЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ МАСЛА	
&OBST XB=23.2, 23.7, 24.9, 26.3, 0.0, 0.9, RGB=128, 0, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=22.3, 23.7, 26.4, 27.1, 0.0, 0.9, RGB=128, 0, 0/	РАБОЧИЙ СТОЛ
&OBST XB=25.1, 25.7, 24.9, 26.0, 0.0, 1.1, SURF_ID='MACHINE 8'/	МАШИНА ДЛЯ
СПУСКАНИЯ КРАЕВ ДЕТАЛЕЙ ЗАГОТОВОК ВЕРХА	
&OBST XB=26.3, 26.9, 24.9, 26.0, 0.0, 1.1, SURF_ID='MACHINE 8'/	МАШИНА ДЛЯ
СПУСКАНИЯ КРАЕВ ДЕТАЛЕЙ ЗАГОТОВОК ВЕРХА	
&OBST XB=25.4, 26.4, 26.5, 27.1, 0.0, 1.2, RGB=65, 105, 255/	МАШИНА ДЛЯ
СРЕЗАНИЯ КРАЕВ ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА	
&OBST XB=27.6, 28.8, 24.9, 26.4, 0.0, 0.9, RGB=115, 134, 120/	СТОЛ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ	
&OBST XB=29.0, 29.6, 25.7, 26.6, 0.0, 1.2, SURF_ID='MACHINE 18'/	МАШИНА ДЛЯ
ДВОЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НИЗА ОБУВИ	
&OBST XB=30.0, 31.0, 25.7, 26.9, 0.0, 1.8, SURF_ID='PRESS 17'/	ПРЕСС ДЛЯ
ФОРМОВАНИЯ ПОДОШВ	
&OBST XB=33.3, 34.5, 24.9, 26.2, 0.0, 1.5, SURF_ID='MACHINE 19'/	МАШИНА ДЛЯ
ШЛИФОВАНИЯ СТЕЛЕК	
&OBST XB=35.2, 36.2, 24.9, 26.2, 0.0, 1.5, SURF_ID='MACHINE 19'/	МАШИНА ДЛЯ
ШЛИФОВАНИЯ СТЕЛЕК	
&OBST XB=36.8, 37.6, 25.0, 26.4, 0.0, 1.2, SURF_ID='MACHINE 10'/	МАШИНА ДЛЯ
ДВОЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНАЯ	

/ОБОРУДОВАНИЕ ПОТОК 1

&OBST XB=9.0, 9.9, 30.4, 34.0, 0.0, 1.8,	SURF_ID='MACHINE 15'/	ПРЕСС ДЛЯ
ПРИКЛЕИВАНИЯ ПОДОШВ К ОБУВИ		
&OBST XB=9.0, 10.6, 32.0, 32.6, 0.0, 0.9,	RGB=128, 0, 0/	СТОЛ РАБОЧИЙ
&OBST XB=11.4, 12.6, 31.1, 32.5, 0.0, 1.6,	RGB=252, 15, 192/	ШКАФ ДЛЯ
ХРАНЕНИЯ КЛЕЯ		
&OBST XB=13.3, 15.8, 31.1, 32.5, 0.0, 1.6,	RGB=252, 15, 192/	ШКАФ ДЛЯ
ХРАНЕНИЯ КЛЕЯ		
&OBST XB=15.7, 17.1, 30.6, 31.4, 0.0, 0.9,	RGB=128, 0, 0/	СТОЛ РАБОЧИЙ
&OBST XB=15.5, 16.0, 31.5, 32.5, 0.0, 2.0,	RGB=112, 66, 20/	СТОЛ С УКРЫТИЕМ
&OBST XB=16.7, 17.4, 31.5, 32.5, 0.0, 2.0,	RGB=112, 66, 20/	СТОЛ С УКРЫТИЕМ
&OBST XB=25.0, 26.4, 30.1, 30.8, 0.0, 0.9,	RGB=141, 182, 0/	СТОЛ РАБОЧИЙ
&OBST XB=25.0, 26.4, 32.5, 33.4, 0.0, 0.9,	RGB=141, 182, 0/	СТОЛ РАБОЧИЙ
&OBST XB=26.5, 27.4, 30.4, 32.9, 0.0, 1.9,	SURF_ID='PRESS 6'/	ПРЕСС ДЛЯ
ВЫРУБКИ ДЕТАЛЕЙ НИЗА		
&OBST XB=29.3, 30.5, 30.1, 30.8, 0.0, 0.9,	RGB=141, 182, 0/	СТОЛ РАБОЧИЙ
&OBST XB=29.3, 30.5, 32.5, 33.4, 0.0, 0.9,	RGB=141, 182, 0/	СТОЛ РАБОЧИЙ
&OBST XB=30.6, 31.5, 30.4, 32.9, 0.0, 1.9,	SURF_ID='PRESS 6'/	ПРЕСС ДЛЯ
ВЫРУБКИ ДЕТАЛЕЙ НИЗА		
&OBST XB=33.6, 35.0, 30.1, 30.8, 0.0, 0.9,	RGB=141, 182, 0/	СТОЛ РАБОЧИЙ
&OBST XB=33.6, 35.0, 32.5, 33.4, 0.0, 0.9,	RGB=141, 182, 0/	СТОЛ РАБОЧИЙ
&OBST XB=35.1, 35.9, 30.4, 32.9, 0.0, 1.9,	SURF_ID='PRESS 6'/	ПРЕСС ДЛЯ
ВЫРУБКИ ДЕТАЛЕЙ НИЗА		

/=====КОЛОННЫ=====

&OBST XB=6.1, 6.6, 0.5, 1.0, 0.0, 3.8,	RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 500	
&OBST XB=11.5, 12.0, 0.5, 1.0, 0.0, 3.8,	RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 500	
&OBST XB=17.5, 18.0, 0.5, 1.0, 0.0, 3.8,	RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 500	
&OBST XB=23.0, 23.5, 0.5, 1.0, 0.0, 3.8,	RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 500	
&OBST XB=30.0, 30.5, 0.5, 1.0, 0.0, 3.8,	RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 500	
&OBST XB=35.5, 36.0, 0.5, 1.0, 0.0, 3.8,	RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 500	
&OBST XB=41.5, 42.0, 0.5, 1.0, 0.0, 3.8,	RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 500	
&OBST XB=6.1, 6.6, 17.5, 18.0, 0.0, 3.8,	RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 500	
&OBST XB=11.5, 12.0, 17.5, 18.0, 0.0, 3.8,	RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 500	
&OBST XB=17.5, 18.0, 17.5, 18.0, 0.0, 3.8,	RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 500	
&OBST XB=23.0, 23.5, 17.5, 18.0, 0.0, 3.8,	RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 500	
&OBST XB=30.0, 30.5, 17.5, 18.0, 0.0, 3.8,	RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 500	
&OBST XB=35.5, 36.0, 17.5, 18.0, 0.0, 3.8,	RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 500	

&OBST XB=41.5, 42.0, 17.5, 18.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 500

&OBST XB=6.3, 6.6, 5.7, 6.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 300

&OBST XB=11.7, 12.0, 5.7, 6.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 300

&OBST XB=17.7, 18.0, 5.7, 6.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 300

&OBST XB=23.0, 23.3, 5.7, 6.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 300

&OBST XB=30.1, 30.4, 5.7, 6.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 300

&OBST XB=35.7, 36.0, 5.7, 6.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 300

&OBST XB=41.7, 42.0, 5.7, 6.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 300

&OBST XB=6.3, 6.6, 11.7, 12.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 300

&OBST XB=11.7, 12.0, 11.7, 12.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 300

&OBST XB=17.7, 18.0, 11.7, 12.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 300

&OBST XB=23.0, 23.3, 11.7, 12.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 300

&OBST XB=30.1, 30.4, 11.7, 12.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 300

&OBST XB=35.7, 36.0, 11.7, 12.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 300

&OBST XB=41.7, 42.0, 11.7, 12.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 300

&OBST XB=6.3, 6.6, 23.7, 24.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 300

&OBST XB=11.7, 12.0, 23.7, 24.0, 0.0, 3.8, RGB=141,182,0, TRANSPARENCY=0.3/
КОЛОННА 300

/=====ВЕНТИЛЯЦИЯ=====

&SURF ID='OUTLETL1700', VEL=1.7, RGB=66, 49, 137/ ПРИТОК

&SURF ID='OUTLETL3400', VEL=3.4, RGB=66, 49, 137/ ПРИТОК

&SURF ID='OUTLETL3450', VEL=3.45, RGB=66, 49, 137/ ПРИТОК

&SURF ID='INLETL1400', VEL=-1.4, RGB=154, 29, 161/ ВЫТЯЖКА

&SURF ID='INLETL2760', VEL=-2.76, RGB=154, 29, 161/ ВЫТЯЖКА

&SURF ID='INLETL3030', VEL=-3.03, RGB=154, 29, 161/ ВЫТЯЖКА

&SURF ID='INLETL2850', VEL=-2.85, RGB=154, 29, 161/ ВЫТЯЖКА

&SURF ID='INLETL1700', VEL=-1.7, RGB=154, 29, 161/ ВЫТЯЖКА

&OBST XB=5.7, 6.1, 1.0, 7.6, 3.0, 3.4, RGB=133, 133, 133/ ВЕНТИЛЯЦИЯ
ПРИТОЧНАЯ

&OBST XB=5.5, 6.1, 7.6, 24.4, 3.0, 3.4, RGB=133, 133, 133/ ВЕНТИЛЯЦИЯ
ПРИТОЧНАЯ

&OBST XB=5.7, 6.1, 24.4, 33.5, 3.0, 3.4, RGB=133, 133, 133/ ВЕНТИЛЯЦИЯ
ПРИТОЧНАЯ

&OBST XB=18.0, 18.3, 6.3, 12.8, 3.4, 3.8, RGB=133, 133, 133/ ВЕНТИЛЯЦИЯ
ВЫТЯЖНАЯ

&OBST XB=18.0, 18.5, 12.8, 30.6, 3.4, 3.8, RGB=133, 133, 133/ ВЕНТИЛЯЦИЯ
 ВЫТЯЖНАЯ
 &OBST XB=29.7, 30.0, 6.3, 12.8, 3.4, 3.8, RGB=133, 133, 133/ ВЕНТИЛЯЦИЯ
 ВЫТЯЖНАЯ
 &OBST XB=29.5, 30.0, 12.8, 28.0, 3.4, 3.8, RGB=133, 133, 133/ ВЕНТИЛЯЦИЯ
 ВЫТЯЖНАЯ
 &OBST XB=29.7, 30.0, 28.0, 33.5, 3.4, 3.8, RGB=133, 133, 133/ ВЕНТИЛЯЦИЯ
 ВЫТЯЖНАЯ
 &OBST XB=40.7, 41.0, 1.0, 9.9, 3.0, 3.4, RGB=133, 133, 133/ ВЕНТИЛЯЦИЯ
 ПРИТОЧНАЯ
 &OBST XB=40.5, 41.0, 9.9, 26.3, 3.0, 3.4, RGB=133, 133, 133/ ВЕНТИЛЯЦИЯ
 ПРИТОЧНАЯ
 &OBST XB=40.7, 41.0, 26.3, 33.5, 3.0, 3.4, RGB=133, 133, 133/ ВЕНТИЛЯЦИЯ
 ПРИТОЧНАЯ
 &OBST XB=18.5, 24.0, 21.4, 21.9, 3.4, 3.8, RGB=133, 133, 133/ ВЕНТИЛЯЦИЯ
 ВЫТЯЖНАЯ
 &OBST XB=24.5, 29.5, 21.4, 21.9, 3.4, 3.8, RGB=133, 133, 133/ ВЕНТИЛЯЦИЯ
 ВЫТЯЖНАЯ
 &VENT XB=6.1, 6.1, 1.3, 1.6, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL1700'/
 &VENT XB=6.1, 6.1, 3.1, 3.3, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL1700'/
 &VENT XB=6.1, 6.1, 6.2, 6.5, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL1700'/
 &VENT XB=6.1, 6.1, 10.0, 10.3, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL3400'/
 &VENT XB=6.1, 6.1, 11.9, 12.2, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL3400'/
 &VENT XB=6.1, 6.1, 14.0, 14.4, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL3400'/
 &VENT XB=6.1, 6.1, 18.0, 18.3, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL3400'/
 &VENT XB=6.1, 6.1, 19.8, 20.1, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL3400'/
 &VENT XB=6.1, 6.1, 21.2, 21.5, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL3400'/
 &VENT XB=6.1, 6.1, 22.0, 22.3, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL3400'/
 &VENT XB=6.1, 6.1, 25.2, 25.5, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL1700'/
 &VENT XB=6.1, 6.1, 27.1, 27.4, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL1700'/
 &VENT XB=6.1, 6.1, 28.6, 28.9, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL1700'/
 &VENT XB=6.1, 6.1, 30.7, 31.0, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL1700'/
 &VENT XB=18.0, 18.0, 6.7, 7.0, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL1400'/
 &VENT XB=18.0, 18.0, 10.3, 10.6, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL1400'/
 &VENT XB=18.0, 18.0, 13.7, 14, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL2760'/
 &VENT XB=18.0, 18.0, 18.0, 18.3, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL2760'/
 &VENT XB=18.0, 18.0, 21.7, 22.0, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL3030'/
 &VENT XB=18.0, 18.0, 23.0, 23.3, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL3030'/
 &VENT XB=18.0, 18.0, 24.7, 25.0, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL3030'/
 &VENT XB=18.0, 18.0, 26.7, 27.0, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL3030'/
 &VENT XB=18.0, 18.0, 28.4, 28.7, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL3030'/
 &VENT XB=18.3, 18.3, 7.5, 7.8, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL1400'/
 &VENT XB=18.3, 18.3, 11.6, 11.9, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL1400'/
 &VENT XB=18.5, 18.5, 14.0, 14.3, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL2760'/
 &VENT XB=18.5, 18.5, 18.0, 18.3, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL2760'/
 &VENT XB=18.5, 18.5, 22.7, 23.0, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL3030'/
 &VENT XB=18.5, 18.5, 27.0, 27.3, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL3030'/
 &VENT XB=29.7, 29.7, 7.1, 7.4, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL1400'/
 &VENT XB=29.7, 29.7, 9.5, 9.8, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL1400'/
 &VENT XB=29.5, 29.5, 16.3, 16.6, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL2760'/
 &VENT XB=29.5, 29.5, 19.1, 19.4, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL2760'/

&VENT XB=29.5, 29.5, 21.7, 22.0, 3.5, 3.7, IOR = -1, SURF_ID='INLETL2850'/

&VENT XB=29.5, 29.5, 25.5, 25.8, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL2850'/

&VENT XB=29.7, 29.7, 29.2, 29.5, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL1700'/

&VENT XB=29.7, 29.7, 30.9, 31.2, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL1700'/

&VENT XB=30.0, 30.0, 7.1, 7.4, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL1400'/

&VENT XB=30.0, 30.0, 9.2, 9.5, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL1400'/

&VENT XB=30.0, 30.0, 15.9, 16.2, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL2760'/

&VENT XB=30.0, 30.0, 18.0, 18.3, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL2760'/

&VENT XB=30.0, 30.0, 23.9, 24.2, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL2850'/

&VENT XB=30.0, 30.0, 24.7, 25.0, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL2850'/

&VENT XB=30.0, 30.0, 29.5, 29.8, 3.5, 3.7, IOR = -1, SURF_ID='INLETL1700'/

&VENT XB=30.0, 30.0, 32.0, 32.3, 3.5, 3.7, SURF_ID='INLETL1700'/

&VENT XB=40.7, 40.7, 2.1, 2.4, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL1700'/

&VENT XB=40.7, 40.7, 3.9, 4.2, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL1700'/

&VENT XB=40.7, 40.7, 8.8, 9.1, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL1700'/

&VENT XB=40.7, 40.7, 6.0, 6.3, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL1700'/

&VENT XB=40.5, 40.5, 10.7, 11.0, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL3400'/

&VENT XB=40.5, 40.5, 12.5, 12.8, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL3400'/

&VENT XB=40.5, 40.5, 14.8, 15.1, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL3400'/

&VENT XB=40.5, 40.5, 13.7, 14.0, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL3400'/

&VENT XB=40.5, 40.5, 19.6, 19.9, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL3450'/

&VENT XB=40.5, 40.5, 20.8, 21.1, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL3450'/

&VENT XB=40.5, 40.5, 21.9, 22.2, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL3450'/

&VENT XB=40.5, 40.5, 22.8, 23.1, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL3450'/

&VENT XB=40.7, 40.7, 27.0, 27.3, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL1700'/

&VENT XB=40.7, 40.7, 28.1, 28.4, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL1700'/

&VENT XB=40.7, 40.7, 29.4, 29.7, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL1700'/

&VENT XB=40.7, 40.7, 31.0, 31.3, 3.1, 3.3, SURF_ID='OUTLETL1700'/

/=====КОЖЕВЕННАЯ ПЫЛЬ=====

/&PART ID='viz_DUST_KOZHA_NAT', MASSLESS=.TRUE., QUANTITIES(1:4)='PARTICLE DIAMETER','PARTICLE VELOCITY','PARTICLE TEMPERATURE','PARTICLE AGE',RGB=0,0,255 / Lagrangian particles

&PART ID='viz_DUST_KOZHA_NAT', MASSLESS=.TRUE., QUANTITIES(1:2)='PARTICLE TEMPERATURE','PARTICLE AGE', RGB=0,0,255/ Lagrangian particles

&SPEC ID='DUST_KOZHA_NAT', AEROSOL = .TRUE. , MEAN_DIAMETER=0.0001, DENSITY_SOLID=900, CONDUCTIVITY_SOLID=100000/

&SURF ID='DUST_KOZHA_NAT', MASS_FLUX=0.011, SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT', PART_ID='viz_DUST_KOZHA_NAT'/

/=====ВОЙЛОЧНАЯ ПЫЛЬ=====

&PART ID='viz_DUST_VOYLOK', MASSLESS=.TRUE., QUANTITIES(1:2)='PARTICLE TEMPERATURE','PARTICLE AGE', RGB=0,255,0/ Lagrangian particles

&SPEC ID='DUST_VOYLOK', AEROSOL = .TRUE., MEAN_DIAMETER=0.0001, DENSITY_SOLID=330, CONDUCTIVITY_SOLID=100000/

&SURF ID='DUST_VOYLOK', MASS_FLUX=0.011, SPEC_ID='DUST_VOYLOK', PART_ID='viz_DUST_VOYLOK'/

/=====ПЫЛЬ ГЕТИНАКСА=====

&PART ID='viz_DUST_GETINAKS', MASSLESS=.TRUE., QUANTITIES(1:2)='PARTICLE TEMPERATURE','PARTICLE AGE', RGB=255,0,0/ Lagrangian particles
 &SPEC ID='DUST_GETINAKS', AEROSOL = .TRUE. , MEAN_DIAMETER=0.0001,
 DENSITY_SOLID=1350, CONDUCTIVITY_SOLID=100000/
 &SURF ID='DUST_GETINAKS', MASS_FLUX=0.011, SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 PART_ID='viz_DUST_GETINAKS'/

/=====ПЫЛЬ ТЕКСТИЛЯ=====

&PART ID='viz_DUST_TEXTILE', MASSLESS=.TRUE., QUANTITIES(1:2)='PARTICLE TEMPERATURE','PARTICLE AGE', RGB=255,255,0/ Lagrangian particles
 &SPEC ID='DUST_TEXTILE', AEROSOL = .TRUE., MEAN_DIAMETER=0.0001,
 DENSITY_SOLID=600, CONDUCTIVITY_SOLID=100000/
 &SURF ID='DUST_TEXTILE', MASS_FLUX=0.011, SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 PART_ID='viz_DUST_TEXTILE'/

/=====ПЫЛЬ КАРТОНА=====

&PART ID='viz_DUST_KARTON', MASSLESS=.TRUE., QUANTITIES(1:2)='PARTICLE TEMPERATURE','PARTICLE AGE', RGB=255,255,0 / Lagrangian particles
 &SPEC ID='DUST_KARTON', AEROSOL = .TRUE. , MEAN_DIAMETER=0.0001,
 DENSITY_SOLID=900, CONDUCTIVITY_SOLID=100000/
 &SURF ID='DUST_KARTON', MASS_FLUX=0.011, SPEC_ID='DUST_KARTON',
 PART_ID='viz_DUST_KARTON'/

/=====ИСТОЧНИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОТОК 5 РЯД 1=====

&OBST XB=12.2, 13.4, 4.0, 5.2, 1.4, 1.5, RGB=127, 255, 212,
 SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
 (КОЖА)
 &OBST XB=15.9, 17.0, 4.0, 4.7, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
 SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
 (КОЖА)
 &OBST XB=18.4, 19.6, 4.0, 4.7, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
 SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
 (КОЖА)
 &OBST XB=21.2, 22.4, 4.0, 4.7, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
 SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
 (КОЖА)
 &OBST XB=23.6, 24.7, 4.0, 4.7, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
 SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
 (КОЖА)
 &OBST XB=26.8, 27.9, 4.0, 4.7, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
 SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
 (КОЖА)
 &OBST XB=29.4, 30.4, 4.0, 4.7, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
 SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
 (КОЖА)
 &OBST XB=31.8, 33.1, 3.5, 4.7, 1.6, 1.7, RGB=127, 255, 212,
 SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
 (КОЖА)

/=====ИСТОЧНИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОТОК 5 РЯД 2=====

&OBST XB=12.9, 14.0, 6.5, 7.4, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

&OBST XB=15.4, 16.5, 6.5, 7.4, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

&OBST XB=18.6, 19.7, 6.5, 7.4, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

&OBST XB=21.4, 22.5, 6.5, 7.4, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

&OBST XB=24.8, 26.0, 6.5, 7.4, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

&OBST XB=27.7, 28.8, 6.5, 7.4, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

/=====ИСТОЧНИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОТОК 4 РЯД 1=====

&OBST XB=11.5, 12.5, 10.9, 11.5, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

&OBST XB=15.0, 16.0, 10.8, 11.5, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

&OBST XB=17.3, 18.3, 10.8, 11.5, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

&OBST XB=23.5, 24.5, 10.8, 11.5, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

/=====ИСТОЧНИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОТОК 4 РЯД 2=====

&OBST XB=12.1, 13.3, 13.5, 14.3, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

&OBST XB=14.9, 16.0, 13.5, 14.3, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

&OBST XB=17.5, 18.4, 13.5, 14.3, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

&OBST XB=20.2, 21.3, 13.5, 14.3, 1.5, 1.6, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

&OBST XB=23.2, 24.2, 13.0, 14.3, 1.4, 1.5, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

&OBST XB=26.4, 27.6, 13.0, 14.3, 1.4, 1.5, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

&OBST XB=29.2, 30.2, 13.0, 14.3, 1.4, 1.5, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

&OBST XB=32.7, 33.8, 13.0, 14.3, 1.4, 1.5, RGB=127, 255, 212,
SURF_IDS='DUST_KOZHA_NAT', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(КОЖА)

/=====ИСТОЧНИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОТОК 3=====

&OBST XB=13.5, 14.6, 20.1, 22.2, 1.9, 2.0, RGB=127, 265, 112,
SURF_IDS='DUST_VOYLOK', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(ВОЙЛОК)

&OBST XB=16.6, 17.8, 20.6, 22.0, 1.6, 1.7, RGB=127, 265, 112,
SURF_IDS='DUST_VOYLOK', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(ВОЙЛОК)

&OBST XB=20.1, 22.4, 20.6, 22.0, 1.6, 1.7, RGB=127, 265, 112,
SURF_IDS='DUST_VOYLOK', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(ВОЙЛОК)

&OBST XB=22.6, 23.8, 20.6, 22.0, 1.6, 1.7, RGB=127, 265, 112,
SURF_IDS='DUST_VOYLOK', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(ВОЙЛОК)

&OBST XB=25.6, 26.8, 20.8, 21.5, 1.5, 1.6, RGB=255, 255, 255,
SURF_IDS='DUST_TEXTILE', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(ТЕКСТИЛЬ)

&OBST XB=28.2, 29.3, 20.8, 21.5, 1.5, 1.6, RGB=255, 255, 255,
SURF_IDS='DUST_TEXTILE', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(ТЕКСТИЛЬ)

&OBST XB=30.5, 31.7, 20.6, 21.3, 1.5, 1.6, RGB=255, 255, 255,
SURF_IDS='DUST_TEXTILE', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(ТЕКСТИЛЬ)

&OBST XB=33.2, 34.8, 20.6, 22.0, 1.6, 1.7, RGB=255, 255, 255,
SURF_IDS='DUST_TEXTILE', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(ТЕКСТИЛЬ)

&OBST XB=36.0, 37.3, 20.6, 22.0, 1.6, 1.7, RGB=255, 255, 255,
SURF_IDS='DUST_TEXTILE', 'INERT', 'INERT'/ ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА
(ТЕКСТИЛЬ)

/=====ИСТОЧНИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОТОК 2=====

&OBST XB=33.3, 34.5, 24.9, 26.2, 1.5, 1.6, RGB=108,0,250,
SURF_ID6='DUST_VOYLOK','DUST_GETINAKS','INERT', 'INERT','INERT','INERT'/
ШЛИФОВАНИЕ СТЕЛЬКИ (ВОЙЛОК И ГЕТИНАКС)

&OBST XB=35.2, 36.2, 24.9, 26.2, 1.5, 1.6, RGB=108,0,250,
SURF_ID6='DUST_VOYLOK','DUST_KARTON','INERT', 'INERT','INERT','INERT'/
ШЛИФОВАНИЕ СТЕЛЬКИ (ВОЙЛОК И КАРТОН)

/=====ИСТОЧНИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОТОК 1=====

&OBST XB=26.5, 27.4, 30.4, 32.9, 1.9, 2.0, RGB=137,113,114,
SURF_ID6='DUST_VOYLOK','DUST_KARTON','INERT', 'INERT','INERT','INERT'/
ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ НИЗА (ВОЙЛОК И КАРТОН)

&OBST XB=30.6, 31.5, 30.4, 32.9, 1.9, 2.0, RGB=137,113,114,
SURF_ID6='DUST_VOYLOK','DUST_KARTON','INERT', 'INERT','INERT','INERT'/
ВЫРУБКА ДЕТАЛЕЙ НИЗА (ВОЙЛОК И КАРТОН)

&OBST XB=35.1, 35.9, 30.4, 32.9, 1.9, 2.0, RGB=137,113,114,
SURF_ID6='DUST_VOYLOK','DUST_KARTON','INERT', 'INERT','INERT','INERT'/
ВЫРУБКА ДЕИАЛЕЙ НИЗА (ВОЙЛОК И КАРТОН)

/=====СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА=====

&SLCF PBZ=0.1, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=0.5, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=1.0, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=1.5, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=2.0, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=2.5, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=3.0, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=3.9, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=3.0, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=9.0, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=15.0, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=21.0, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=27.0, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=33.0, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=39.0, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=3.0, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=9.0, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=15.0, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=21.0, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=27.0, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=33.0, QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE./

/=====ТЕМПЕРАТУРА=====

&SLCF PBZ=0.1, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=0.5, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=1.0, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=1.5, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=2.0, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=2.5, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=3.0, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=3.9, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=3.0, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=9.0, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=15.0, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=21.0, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=27.0, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=33.0, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=39.0, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=3.0, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=9.0, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=15.0, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=21.0, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=27.0, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=33.0, QUANTITY='TEMPERATURE',VECTOR=.TRUE./

/=====АНИМИРОВАННЫЕ ЧАСТИЦЫ - КОЖЕВЕННАЯ ПЫЛЬ=====

```

&SLCF PBZ=0.1, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=0.5, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=1.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=1.5, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=2.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=2.5, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=3.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=3.9, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=3.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=9.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=15.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=21.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=27.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=33.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=39.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=3.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=9.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=15.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=21.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=27.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=33.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_KOZHA_NAT',VECTOR=.TRUE./

```

/=====АНИМИРОВАННЫЕ ЧАСТИЦЫ - ВОЙЛОЧНАЯ ПЫЛЬ=====

```

&SLCF PBZ=0.1, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=0.5, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=1.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./

```

```

&SLCF PBZ=1.5, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=2.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=2.5, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=3.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=3.9, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=3.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=9.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=15.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=21.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=27.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=33.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=39.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=3.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=9.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=15.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=21.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=27.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=33.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_VOYLOK',VECTOR=.TRUE./

```

/=====АНИМИРОВАННЫЕ ЧАСТИЦЫ - ГЕТИНАКС=====

```

&SLCF PBZ=0.1, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=0.5, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=1.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=1.5, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=2.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=2.5, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=3.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./

```

```

&SLCF PBZ=3.9, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=3.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=9.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=15.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=21.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=27.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=33.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=39.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=3.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=9.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=15.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=21.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=27.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=33.0, QUANTITY='MASS
FRACTION',SPEC_ID='DUST_GETINAKS',VECTOR=.TRUE./

```

/=====АНИМИРОВАННЫЕ ЧАСТИЦЫ - ТЕКСТИЛЬ=====

```

&SLCF PBZ=0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=0.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=2.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=2.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=3.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=3.9, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=3.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=9.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=15.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./

```

```

&SLCF PBX=21.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=27.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=33.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=39.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=3.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=9.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=15.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=21.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=27.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=33.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_TEXTILE',VECTOR=.TRUE./

```

/=====АНИМИРОВАННЫЕ ЧАСТИЦЫ - КАРТОН=====

```

&SLCF PBZ=0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=0.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=2.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=2.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=3.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBZ=3.9, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=3.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=9.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=15.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=21.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=27.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=33.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBX=39.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./

```



```

&SLCF PBY=3.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=9.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=15.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=21.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=27.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./
&SLCF PBY=33.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_KARTON',VECTOR=.TRUE./

```

```

&DUMP COLUMN_DUMP_LIMIT=.TRUE., DEVC_COLUMN_LIMIT=254, DT_DEVC=60/

```

```

/=====ПОТОК 5 РЯД 1 РАБОЧИЕ МЕСТА - ТЕМПЕРАТУРА=====

```

```

&DEVC XYZ=11.8, 4.8, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=15.5, 4.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=18.0, 4.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=20.8, 4.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=23.2, 4.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=26.2, 4.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=29.0, 4.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=31.2, 4.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=35.0, 4.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=36.2, 4.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=38.0, 4.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TEMP'/

```

```

&DEVC XYZ=11.8, 4.8, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=15.5, 4.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=18.0, 4.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=20.8, 4.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=23.2, 4.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=26.2, 4.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=29.0, 4.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=31.2, 4.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=35.0, 4.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=36.2, 4.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=38.0, 4.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/

```

```

&DEVC XYZ=11.8, 4.8, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=15.5, 4.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=18.0, 4.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=20.8, 4.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=23.2, 4.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=26.2, 4.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=29.0, 4.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=31.2, 4.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=35.0, 4.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=36.2, 4.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
&DEVC XYZ=38.0, 4.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/

```

/=====ПОТОК 5 РЯД 2 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=14.5, 7.0, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=17.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=20.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=23.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=26.5, 7.0, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=29.2, 7.0, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=30.8, 7.0, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=32.1, 7.0, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=33.8, 7.0, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=35.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=36.7, 7.0, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/

&DEVC XYZ=14.5, 7.0, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=17.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=20.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=23.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=26.5, 7.0, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=29.2, 7.0, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/50
 &DEVC XYZ=30.8, 7.0, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=32.1, 7.0, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=33.8, 7.0, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=35.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=36.7, 7.0, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/

&DEVC XYZ=14.5, 7.0, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=17.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=20.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=23.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=26.5, 7.0, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=29.2, 7.0, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=30.8, 7.0, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=32.1, 7.0, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=33.8, 7.0, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=35.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=36.7, 7.0, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/

/=====ПОТОК 4 РЯД 2 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=16.5, 13.8, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=18.8, 13.8, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=24.7, 13.5, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=28.0, 13.5, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=30.7, 13.5, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=34.2, 13.5, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=35.2, 13.5, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=36.6, 13.5, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=16.5, 13.8, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=18.8, 13.8, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=24.7, 13.5, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/

&DEVC XYZ=28.0, 13.5, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=30.7, 13.5, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=34.2, 13.5, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=35.2, 13.5, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=36.6, 13.5, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=16.5, 13.8, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=18.8, 13.8, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=24.7, 13.5, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=28.0, 13.5, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=30.7, 13.5, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=34.2, 13.5, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=35.2, 13.5, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=36.6, 13.5, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/

/=====ПОТОК 3 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=15.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=18.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=21.8, 21.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=24.2, 21.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=27.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=29.6, 21.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=32.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=35.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=37.8, 21.4, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/

&DEVC XYZ=15.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=18.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=21.8, 21.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=24.2, 21.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=27.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=29.6, 21.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=32.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=35.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=37.8, 21.4, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/

&DEVC XYZ=15.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=18.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=21.8, 21.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/150
 &DEVC XYZ=24.2, 21.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=27.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=29.6, 21.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=32.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=35.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=37.8, 21.4, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/

/=====ПОТОК 2 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=12.3, 25.6, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=13.0, 25.6, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=15.8, 26.5, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=18.0, 27.0, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/

/=====ПОТОК 1 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=10.3, 30.8, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=9.8, 31.6, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=11.0, 31.7, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=13.0, 31.7, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=15.0, 32.0, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=17.5, 32.0, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=26.0, 30.6, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=30.0, 30.6, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=34.5, 30.6, 0.1, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/

&DEVC XYZ=10.3, 30.8, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=9.8, 31.6, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=11.0, 31.7, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=13.0, 31.7, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=15.0, 32.0, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=17.5, 32.0, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=26.0, 30.6, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=30.0, 30.6, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=34.5, 30.6, 1.0, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/

&DEVC XYZ=10.3, 30.8, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=9.8, 31.6, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=11.0, 31.7, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=13.0, 31.7, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=15.0, 32.0, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=17.5, 32.0, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=26.0, 30.6, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=30.0, 30.6, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/
 &DEVC XYZ=34.5, 30.6, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' ID='TEMP'/

/=====ПОТОК 5 РЯД 2 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=14.5, 7.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=17.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=20.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=23.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=26.5, 7.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=29.2, 7.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=30.8, 7.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=32.1, 7.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=33.8, 7.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=35.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=36.7, 7.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

&DEVC XYZ=14.5, 7.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=17.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=20.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=23.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=26.5, 7.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=29.2, 7.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=30.8, 7.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

&DEVC XYZ=32.1, 7.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=33.8, 7.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=35.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=36.7, 7.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

&DEVC XYZ=14.5, 7.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=17.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=20.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=23.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=26.5, 7.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=29.2, 7.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=30.8, 7.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=32.1, 7.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/300
 &DEVC XYZ=33.8, 7.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=35.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=36.7, 7.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

/=====ПОТОК 4 РЯД 2 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=16.5, 13.8, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=18.8, 13.8, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=24.7, 13.5, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=28.0, 13.5, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=30.7, 13.5, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=34.2, 13.5, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=35.2, 13.5, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=36.6, 13.5, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=16.5, 13.8, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/350
 &DEVC XYZ=18.8, 13.8, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=24.7, 13.5, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=28.0, 13.5, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=30.7, 13.5, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=34.2, 13.5, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=35.2, 13.5, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=36.6, 13.5, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=16.5, 13.8, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=18.8, 13.8, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=24.7, 13.5, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=28.0, 13.5, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=30.7, 13.5, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=34.2, 13.5, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=35.2, 13.5, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=36.6, 13.5, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

/=====ПОТОК 3 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=15.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=18.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=21.8, 21.4, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

&DEVC XYZ=24.2, 21.4, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=27.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=29.6, 21.4, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=32.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=35.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=37.8, 21.4, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

&DEVC XYZ=15.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=18.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=21.8, 21.4, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=24.2, 21.4, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=27.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=29.6, 21.4, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=32.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=35.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=37.8, 21.4, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

&DEVC XYZ=15.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=18.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=21.8, 21.4, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=24.2, 21.4, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=27.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=29.6, 21.4, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=32.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=35.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=37.8, 21.4, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

/=====ПОТОК 2 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=12.3, 25.6, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=13.0, 25.6, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=15.8, 26.5, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=18.0, 27.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=19.7, 27.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=21.5, 26.1, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/400
 &DEVC XYZ=23.0, 27.5, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=24.0, 25.6, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=24.8, 25.6, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=26.0, 27.5, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=27.2, 25.6, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=28.2, 27.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=29.4, 27.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=30.5, 27.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=32.7, 25.6, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=34.0, 26.7, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=35.7, 26.7, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=38.0, 25.6, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

&DEVC XYZ=12.3, 25.6, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=13.0, 25.6, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=15.8, 26.5, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=18.0, 27.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=19.7, 27.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

&DEVC XYZ=21.5, 26.1, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=23.0, 27.5, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=24.0, 25.6, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=24.8, 25.6, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=26.0, 27.5, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=27.2, 25.6, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=28.2, 27.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=29.4, 27.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=30.5, 27.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=32.7, 25.6, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=34.0, 26.7, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=35.7, 26.7, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=38.0, 25.6, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

&DEVC XYZ=12.3, 25.6, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=13.0, 25.6, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=15.8, 26.5, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=18.0, 27.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=19.7, 27.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=21.5, 26.1, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=23.0, 27.5, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=24.0, 25.6, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=24.8, 25.6, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=26.0, 27.5, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=27.2, 25.6, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=28.2, 27.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=29.4, 27.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=30.5, 27.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=32.7, 25.6, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=34.0, 26.7, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=35.7, 26.7, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=38.0, 25.6, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

/=====ПОТОК 1 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=10.3, 30.8, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=9.8, 31.6, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/450
 &DEVC XYZ=11.0, 31.7, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=13.0, 31.7, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=15.0, 32.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=17.5, 32.0, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=26.0, 30.6, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=30.0, 30.6, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=34.5, 30.6, 0.1, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

&DEVC XYZ=10.3, 30.8, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=9.8, 31.6, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=11.0, 31.7, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=13.0, 31.7, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=15.0, 32.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=17.5, 32.0, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=26.0, 30.6, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/
 &DEVC XYZ=30.0, 30.6, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

&DEVC XYZ=34.5, 30.6, 1.0, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

/&DEVC XYZ=10.3, 30.8, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

/&DEVC XYZ=9.8, 31.6, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

/&DEVC XYZ=11.0, 31.7, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

/&DEVC XYZ=13.0, 31.7, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

/&DEVC XYZ=15.0, 32.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

/&DEVC XYZ=17.5, 32.0, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

/&DEVC XYZ=26.0, 30.6, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

/&DEVC XYZ=30.0, 30.6, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/

/&DEVC XYZ=34.5, 30.6, 1.5, QUANTITY='VELOCITY', ID='SK'/475

/=====ПОТОК 5 РЯД 2 РАБОЧИЕ МЕСТА - ВОЙЛОЧНАЯ ПЫЛЬ=====

&DEVC XYZ=14.5, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=17.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=20.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=23.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=26.5, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=29.2, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=30.8, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=32.1, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=33.8, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=35.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=36.7, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=14.5, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=17.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=20.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=23.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=26.5, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=29.2, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=30.8, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=32.1, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=33.8, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=35.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=36.7, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/

 &DEVC XYZ=14.5, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=17.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=20.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=23.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=26.5, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=29.2, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=30.8, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=32.1, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=33.8, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=35.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=36.7, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/

/=====ПОТОК 4 РЯД 2 РАБОЧИЕ МЕСТА - ВОЙЛОЧНАЯ ПЫЛЬ=====

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=16.5, 13.8, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=18.8, 13.8, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=24.7, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=28.0, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=30.7, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=34.2, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=35.2, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=36.6, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=16.5, 13.8, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=18.8, 13.8, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=24.7, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=28.0, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=30.7, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=34.2, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=35.2, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=36.6, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=16.5, 13.8, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=18.8, 13.8, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=24.7, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=28.0, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=30.7, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=34.2, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=35.2, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=36.6, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/

/=====ПОТОК 3 РАБОЧИЕ МЕСТА - ВОЙЛОЧНАЯ ПЫЛЬ=====

&DEVC XYZ=15.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=18.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=21.8, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=24.2, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=27.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=29.6, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=32.0, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=35.0, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=37.8, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=15.0, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=18.0, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=21.8, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=24.2, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=27.0, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=29.6, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=32.0, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=35.0, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=37.8, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=15.0, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=18.0, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=21.8, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=24.2, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=27.0, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=29.6, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=32.0, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=35.0, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=37.8, ID='MF_VOYLOK'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
/=====ПОТОК 2 РАБОЧИЕ МЕСТА - ВОЙЛОЧНАЯ ПЫЛЬ=====			
&DEVC XYZ=12.3, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=13.0, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=15.8, ID='MF_VOYLOK'/	26.5,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',

&DEVC XYZ=18.0, ID='MF_VOYLOK'/	27.0,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=19.7, ID='MF_VOYLOK'/	27.0,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=21.5, ID='MF_VOYLOK'/	26.1,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=23.0, ID='MF_VOYLOK'/	27.5,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=24.0, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=24.8, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=26.0, ID='MF_VOYLOK'/	27.5,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=27.2, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=28.2, ID='MF_VOYLOK'/	27.0,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=29.4, ID='MF_VOYLOK'/	27.0,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=30.5, ID='MF_VOYLOK'/	27.0,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=32.7, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=34.0, ID='MF_VOYLOK'/	26.7,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=35.7, ID='MF_VOYLOK'/	26.7,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=38.0, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=12.3, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=13.0, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=15.8, ID='MF_VOYLOK'/	26.5,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=18.0, ID='MF_VOYLOK'/	27.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=19.7, ID='MF_VOYLOK'/	27.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=21.5, ID='MF_VOYLOK'/	26.1,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=23.0, ID='MF_VOYLOK'/	27.5,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=24.0, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=24.8, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=26.0, ID='MF_VOYLOK'/	27.5,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',

&DEVC XYZ=27.2, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=28.2, ID='MF_VOYLOK'/	27.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=29.4, ID='MF_VOYLOK'/	27.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=30.5, ID='MF_VOYLOK'/	27.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=32.7, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=34.0, ID='MF_VOYLOK'/	26.7,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=35.7, ID='MF_VOYLOK'/	26.7,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=38.0, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=12.3, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=13.0, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=15.8, ID='MF_VOYLOK'/	26.5,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=18.0, ID='MF_VOYLOK'/	27.0,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=19.7, ID='MF_VOYLOK'/	27.0,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=21.5, ID='MF_VOYLOK'/	26.1,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=23.0, ID='MF_VOYLOK'/	27.5,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=24.0, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=24.8, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=26.0, ID='MF_VOYLOK'/	27.5,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=27.2, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=28.2, ID='MF_VOYLOK'/	27.0,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=29.4, ID='MF_VOYLOK'/	27.0,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=30.5, ID='MF_VOYLOK'/	27.0,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=32.7, ID='MF_VOYLOK'/	25.6,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=34.0, ID='MF_VOYLOK'/	26.7,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
&DEVC XYZ=35.7, ID='MF_VOYLOK'/	26.7,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',

&DEVC XYZ=38.0, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

/=====ПОТОК 1 РАБОЧИЕ МЕСТА - ВОЙЛОЧНАЯ ПЫЛЬ=====

&DEVC XYZ=10.3, 30.8, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=9.8, 31.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=11.0, 31.7, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=13.0, 31.7, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=15.0, 32.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=17.5, 32.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=26.0, 30.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=30.0, 30.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=34.5, 30.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=10.3, 30.8, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=9.8, 31.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=11.0, 31.7, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=13.0, 31.7, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=15.0, 32.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=17.5, 32.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=26.0, 30.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=30.0, 30.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=34.5, 30.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=10.3, 30.8, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=9.8, 31.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=11.0, 31.7, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=13.0, 31.7, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=15.0, 32.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK', ID='MF_VOYLOK'/

&DEVC XYZ=17.5, 32.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=26.0, 30.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=30.0, 30.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/
 &DEVC XYZ=34.5, 30.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_VOYLOK',
 ID='MF_VOYLOK'/

/=====ПОТОК 5 РЯД 2 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=14.5, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=17.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=20.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=23.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=26.5, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=29.2, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=30.8, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=32.1, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=33.8, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=35.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=36.7, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/

&DEVC XYZ=14.5, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=17.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=20.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=23.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=26.5, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=29.2, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=30.8, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=32.1, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=33.8, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
 ID='MF_GETINAKS'/

&DEVC XYZ=35.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=36.7, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
ID='MF_GETINAKS'/

&DEVC XYZ=14.5, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=17.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=20.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=23.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=26.5, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=29.2, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=30.8, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=32.1, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=33.8, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=35.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=36.7, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_GETINAKS',
ID='MF_GETINAKS'/

/=====ПОТОК 4 РЯД 2 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=16.5, 13.8, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=18.8, 13.8, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=24.7, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=28.0, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=30.7, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=34.2, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=35.2, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=36.6, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
&DEVC XYZ=16.5, 13.8, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/

&DEVC XYZ=18.8, 13.8, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=24.7, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=28.0, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=30.7, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=34.2, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=35.2, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=36.6, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=16.5, 13.8, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=18.8, 13.8, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=24.7, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=28.0, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=30.7, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=34.2, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=35.2, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=36.6, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/

/=====ПОТОК 3 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=15.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=18.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=21.8, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=24.2, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=27.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=29.6, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=32.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=35.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/

&DEVC XYZ=37.8, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'

&DEVC XYZ=15.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=18.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=21.8, 21.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=24.2, 21.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=27.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=29.6, 21.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=32.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=35.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=37.8, 21.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'

&DEVC XYZ=15.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=18.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=21.8, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=24.2, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=27.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=29.6, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=32.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=35.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=37.8, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'

/=====ПОТОК 2 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=12.3, 25.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=13.0, 25.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=15.8, 26.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=18.0, 27.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'
&DEVC XYZ=19.7, 27.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/'

&DEVC XYZ=21.5, 26.1, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=23.0, 27.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=24.0, 25.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=24.8, 25.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=26.0, 27.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=27.2, 25.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=28.2, 27.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=29.4, 27.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=30.5, 27.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=32.7, 25.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=34.0, 26.7, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=35.7, 26.7, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=38.0, 25.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/

&DEVC XYZ=12.3, 25.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=13.0, 25.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=15.8, 26.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=18.0, 27.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=19.7, 27.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=21.5, 26.1, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=23.0, 27.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=24.0, 25.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=24.8, 25.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=26.0, 27.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=27.2, 25.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=28.2, 27.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/

&DEVC XYZ=29.4, 27.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=30.5, 27.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=32.7, 25.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=34.0, 26.7, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=35.7, 26.7, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=38.0, 25.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/

&DEVC XYZ=12.3, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=13.0, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=15.8, 26.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=18.0, 27.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=19.7, 27.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=21.5, 26.1, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=23.0, 27.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=24.0, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=24.8, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=26.0, 27.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=27.2, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=28.2, 27.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=29.4, 27.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=30.5, 27.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=32.7, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=34.0, 26.7, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=35.7, 26.7, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=38.0, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/

/=====ПОТОК 1 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=30.0, 30.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/
 &DEVC XYZ=34.5, 30.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION',
 SPEC_ID='DUST_GETINAKS', ID='MF_GETINAKS'/

/=====ПОТОК 5 РЯД 2 РАБОЧИЕ МЕСТА =====/

&DEVC XYZ=14.5, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=17.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=20.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=23.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=26.5, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=29.2, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=30.8, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=32.1, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=33.8, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=35.0, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=36.7, 7.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/

&DEVC XYZ=14.5, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=17.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=20.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=23.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=26.5, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=29.2, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=30.8, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=32.1, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=33.8, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=35.0, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=36.7, 7.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/

&DEVC XYZ=14.5, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=17.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=20.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=23.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=26.5, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=29.2, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=30.8, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=32.1, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=33.8, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=35.0, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=36.7, 7.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/

=====ПОТОК 4 РЯД 2 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=16.5, 13.8, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=18.8, 13.8, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=24.7, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=28.0, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=30.7, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=34.2, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=35.2, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=36.6, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=16.5, 13.8, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=18.8, 13.8, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=24.7, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/

&DEVC XYZ=28.0, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=30.7, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=34.2, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=35.2, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=36.6, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=16.5, 13.8, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=18.8, 13.8, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=24.7, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=28.0, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=30.7, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=34.2, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=35.2, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=36.6, 13.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/

/=====ПОТОК 3 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=15.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=18.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=21.8, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=24.2, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=27.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=29.6, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=32.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=35.0, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/
 &DEVC XYZ=37.8, 21.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/

&DEVC XYZ=15.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
 ID='MF_TEXTILE'/

&DEVC XYZ=18.0, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=21.8, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=24.2, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=27.0, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=29.6, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=32.0, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=35.0, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=37.8, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=15.0, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=18.0, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=21.8, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=24.2, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=27.0, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=29.6, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=32.0, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=35.0, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=37.8, ID='MF_TEXTILE'/	21.4,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
/=====ПОТОК 2 РАБОЧИЕ МЕСТА=====				
&DEVC XYZ=12.3, ID='MF_TEXTILE'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=13.0, ID='MF_TEXTILE'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=15.8, ID='MF_TEXTILE'/	26.5,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=18.0, ID='MF_TEXTILE'/	27.0,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=19.7, ID='MF_TEXTILE'/	27.0,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=21.5, ID='MF_TEXTILE'/	26.1,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=23.0, ID='MF_TEXTILE'/	27.5,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION',	SPEC_ID='DUST_TEXTILE',

&DEVC XYZ=24.0, ID='MF_TEXTILE'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=24.8, ID='MF_TEXTILE'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=26.0, ID='MF_TEXTILE'/	27.5,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=27.2, ID='MF_TEXTILE'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=28.2, ID='MF_TEXTILE'/	27.0,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=29.4, ID='MF_TEXTILE'/	27.0,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=30.5, ID='MF_TEXTILE'/	27.0,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=32.7, ID='MF_TEXTILE'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=34.0, ID='MF_TEXTILE'/	26.7,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=35.7, ID='MF_TEXTILE'/	26.7,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=38.0, ID='MF_TEXTILE'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=12.3, ID='MF_TEXTILE'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=13.0, ID='MF_TEXTILE'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=15.8, ID='MF_TEXTILE'/	26.5,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=18.0, ID='MF_TEXTILE'/	27.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=19.7, ID='MF_TEXTILE'/	27.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=21.5, ID='MF_TEXTILE'/	26.1,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=23.0, ID='MF_TEXTILE'/	27.5,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=24.0, ID='MF_TEXTILE'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=24.8, ID='MF_TEXTILE'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=26.0, ID='MF_TEXTILE'/	27.5,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=27.2, ID='MF_TEXTILE'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=28.2, ID='MF_TEXTILE'/	27.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=29.4, ID='MF_TEXTILE'/	27.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=30.5, ID='MF_TEXTILE'/	27.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',

&DEVC XYZ=32.7, 25.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=34.0, 26.7, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=35.7, 26.7, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=38.0, 25.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/

&DEVC XYZ=12.3, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=13.0, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=15.8, 26.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=18.0, 27.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=19.7, 27.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=21.5, 26.1, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=23.0, 27.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=24.0, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=24.8, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=26.0, 27.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=27.2, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=28.2, 27.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=29.4, 27.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=30.5, 27.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=32.7, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=34.0, 26.7, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=35.7, 26.7, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=38.0, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/

/=====ПОТОК 1 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=10.3, 30.8, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/
&DEVC XYZ=9.8, 31.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
ID='MF_TEXTILE'/

&DEVC XYZ=11.0, ID='MF_TEXTILE'/	31.7,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=13.0, ID='MF_TEXTILE'/	31.7,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=15.0, ID='MF_TEXTILE'/	32.0,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=17.5, ID='MF_TEXTILE'/	32.0,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=26.0, ID='MF_TEXTILE'/	30.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=30.0, ID='MF_TEXTILE'/	30.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=34.5, ID='MF_TEXTILE'/	30.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=10.3, ID='MF_TEXTILE'/	30.8,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=9.8, ID='MF_TEXTILE'/	31.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=11.0, ID='MF_TEXTILE'/	31.7,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=13.0, ID='MF_TEXTILE'/	31.7,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=15.0, ID='MF_TEXTILE'/	32.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=17.5, ID='MF_TEXTILE'/	32.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=26.0, ID='MF_TEXTILE'/	30.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=30.0, ID='MF_TEXTILE'/	30.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=34.5, ID='MF_TEXTILE'/	30.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=10.3, ID='MF_TEXTILE'/	30.8,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=9.8, ID='MF_TEXTILE'/	31.6,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=11.0, ID='MF_TEXTILE'/	31.7,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=13.0, ID='MF_TEXTILE'/	31.7,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=15.0, ID='MF_TEXTILE'/	32.0,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=17.5, ID='MF_TEXTILE'/	32.0,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=26.0, ID='MF_TEXTILE'/	30.6,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=30.0, ID='MF_TEXTILE'/	30.6,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',
&DEVC XYZ=34.5, ID='MF_TEXTILE'/	30.6,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_TEXTILE',

/=====ПОТОК 5 РЯД 1 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=11.8, 4.8, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=15.5, 4.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=18.0, 4.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=20.8, 4.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=23.2, 4.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=26.2, 4.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=29.0, 4.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=31.2, 4.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=35.0, 4.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=36.2, 4.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=38.0, 4.4, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/

&DEVC XYZ=11.8, 4.8, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=15.5, 4.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=18.0, 4.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=20.8, 4.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=23.2, 4.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=26.2, 4.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=29.0, 4.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=31.2, 4.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=35.0, 4.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=36.2, 4.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=38.0, 4.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/

&DEVC XYZ=11.8, 4.8, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=15.5, 4.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/

&DEVC XYZ=18.0, 4.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=20.8, 4.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=23.2, 4.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=26.2, 4.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=29.0, 4.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=31.2, 4.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=35.0, 4.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=36.2, 4.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=38.0, 4.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/

/=====ПОТОК 4 РЯД 2 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=16.5, 13.8, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=18.8, 13.8, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=24.7, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=28.0, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=30.7, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=34.2, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=35.2, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=36.6, 13.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/

&DEVC XYZ=13.3, 13.8, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=16.5, 13.8, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=18.8, 13.8, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=24.7, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=28.0, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=30.7, 13.5, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/

&DEVC XYZ=34.2, ID='MF_KARTON'/	13.5,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=35.2, ID='MF_KARTON'/	13.5,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=36.6, ID='MF_KARTON'/	13.5,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=13.3, ID='MF_KARTON'/	13.8,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=16.5, ID='MF_KARTON'/	13.8,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=18.8, ID='MF_KARTON'/	13.8,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=24.7, ID='MF_KARTON'/	13.5,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=28.0, ID='MF_KARTON'/	13.5,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=30.7, ID='MF_KARTON'/	13.5,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=34.2, ID='MF_KARTON'/	13.5,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=35.2, ID='MF_KARTON'/	13.5,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=36.6, ID='MF_KARTON'/	13.5,	1.5,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
/=====ПИТОК 3 РАБОЧИЕ МЕСТА=====			
&DEVC XYZ=15.0, ID='MF_KARTON'/	21.4,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=18.0, ID='MF_KARTON'/	21.4,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=21.8, ID='MF_KARTON'/	21.4,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=24.2, ID='MF_KARTON'/	21.4,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=27.0, ID='MF_KARTON'/	21.4,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=29.6, ID='MF_KARTON'/	21.4,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=32.0, ID='MF_KARTON'/	21.4,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=35.0, ID='MF_KARTON'/	21.4,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=37.8, ID='MF_KARTON'/	21.4,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=15.0, ID='MF_KARTON'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=18.0, ID='MF_KARTON'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=21.8, ID='MF_KARTON'/	21.4,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',

&DEVC XYZ=24.2, 21.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=27.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=29.6, 21.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=32.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=35.0, 21.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=37.8, 21.4, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/

&DEVC XYZ=15.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=18.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=21.8, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=24.2, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=27.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=29.6, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=32.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=35.0, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=37.8, 21.4, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/

/=====ПОТОК 2 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=12.3, 25.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=13.0, 25.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=15.8, 26.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=18.0, 27.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=19.7, 27.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=21.5, 26.1, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=23.0, 27.5, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=24.0, 25.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=24.8, 25.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/

&DEVC XYZ=26.0, ID='MF_KARTON'/	27.5,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=27.2, ID='MF_KARTON'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=28.2, ID='MF_KARTON'/	27.0,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=29.4, ID='MF_KARTON'/	27.0,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=30.5, ID='MF_KARTON'/	27.0,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=32.7, ID='MF_KARTON'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=34.0, ID='MF_KARTON'/	26.7,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=35.7, ID='MF_KARTON'/	26.7,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=38.0, ID='MF_KARTON'/	25.6,	0.1,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=12.3, ID='MF_KARTON'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=13.0, ID='MF_KARTON'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=15.8, ID='MF_KARTON'/	26.5,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=18.0, ID='MF_KARTON'/	27.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=19.7, ID='MF_KARTON'/	27.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=21.5, ID='MF_KARTON'/	26.1,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=23.0, ID='MF_KARTON'/	27.5,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=24.0, ID='MF_KARTON'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=24.8, ID='MF_KARTON'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=26.0, ID='MF_KARTON'/	27.5,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=27.2, ID='MF_KARTON'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=28.2, ID='MF_KARTON'/	27.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=29.4, ID='MF_KARTON'/	27.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=30.5, ID='MF_KARTON'/	27.0,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=32.7, ID='MF_KARTON'/	25.6,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
&DEVC XYZ=34.0, ID='MF_KARTON'/	26.7,	1.0,	QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',

&DEVC XYZ=35.7, 26.7, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=38.0, 25.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/

 &DEVC XYZ=12.3, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=13.0, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=15.8, 26.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=18.0, 27.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=19.7, 27.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=21.5, 26.1, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=23.0, 27.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=24.0, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=24.8, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=26.0, 27.5, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=27.2, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=28.2, 27.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=29.4, 27.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=30.5, 27.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=32.7, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=34.0, 26.7, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=35.7, 26.7, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=38.0, 25.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/

/=====ПОТОК 1 РАБОЧИЕ МЕСТА=====

&DEVC XYZ=10.3, 30.8, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=9.8, 31.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=11.0, 31.7, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=13.0, 31.7, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/

&DEVC XYZ=15.0, 32.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=17.5, 32.0, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=26.0, 30.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=30.0, 30.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=34.5, 30.6, 0.1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/

&DEVC XYZ=10.3, 30.8, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=9.8, 31.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=11.0, 31.7, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=13.0, 31.7, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=15.0, 32.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=17.5, 32.0, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=26.0, 30.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=30.0, 30.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=34.5, 30.6, 1.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/

&DEVC XYZ=10.3, 30.8, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=9.8, 31.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=11.0, 31.7, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=13.0, 31.7, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=15.0, 32.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=17.5, 32.0, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=26.0, 30.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=30.0, 30.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/
 &DEVC XYZ=34.5, 30.6, 1.5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='DUST_KARTON',
 ID='MF_KARTON'/

/=====РАСЧЁТНЫЕ ТОЧКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОТОКИ 1-2=====

/&DEVC XYZ=13,23,0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='Т-1' / РАСКРОЙ ВОЙЛОКА

/&DEVC XYZ=13,23,1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ ВОЙЛОКА
 /&DEVC XYZ=13,23,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ ВОЙЛОКА
 /&DEVC XYZ=13,23,2, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ ВОЙЛОКА
 /&DEVC XYZ=23,23,0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ
 МАТЕРИАЛОВ
 /&DEVC XYZ=23,23,1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ
 МАТЕРИАЛОВ
 /&DEVC XYZ=23,23,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ
 ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
 /&DEVC XYZ=33,23,0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ
 МАТЕРИАЛОВ
 /&DEVC XYZ=33,23,1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ
 МАТЕРИАЛОВ
 /&DEVC XYZ=33,23,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ
 ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

/=====РАСЧЁТНЫЕ ТОЧКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОТОКИ 3-4=====

/&DEVC XYZ=13,17,0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ
 /&DEVC XYZ=13,17,1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ
 /&DEVC XYZ=13,17,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ
 /&DEVC XYZ=23,17,0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ
 /&DEVC XYZ=23,17,1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ
 /&DEVC XYZ=23,17,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ
 /&DEVC XYZ=33,17,0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ
 /&DEVC XYZ=33,17,1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ
 /&DEVC XYZ=33,17,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ

/=====РАСЧЁТНЫЕ ТОЧКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОТОК 5=====

/&DEVC XYZ=13,2,0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ
 /&DEVC XYZ=13,2,1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ
 /&DEVC XYZ=13,2,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ
 /&DEVC XYZ=23,2,0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ
 /&DEVC XYZ=23,2,1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ
 /&DEVC XYZ=23,2,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ
 /&DEVC XYZ=33,2,0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ
 /&DEVC XYZ=33,2,1, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ
 /&DEVC XYZ=33,2,1.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T-1'/ РАСКРОЙ КОЖ

&TAIL/

Патенты и свидетельства по результатам диссертационного исследования

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ
НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ
№ 140789

**УСТРОЙСТВО СБОРА ДАННЫХ О ПАРАМЕТРАХ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Патентообладатель(ли): *Седяров Олег Иванович (RU)*

Автор(ы): *Седяров Олег Иванович (RU), Куранов Вячеслав
Викторович (RU), Белоус Екатерина Алексеевна (RU)*

Заявка № **2013151698**
 Приоритет полезной модели **21 ноября 2013 г.**
 Зарегистрировано в Государственном реестре полезных
 моделей Российской Федерации **14 апреля 2014 г.**
 Срок действия патента истекает **21 ноября 2023 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности


Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 141212

**ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ БЛОК ПАРАМЕТРОВ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Патентообладатель(ли): *Седяров Олег Иванович (RU)*

Автор(ы): *Седяров Олег Иванович (RU), Куранов Вячеслав
Викторович (RU), Халитов Кирилл Александрович (RU)*

Заявка № 2013151696

Приоритет полезной модели 21 ноября 2013 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации 22 апреля 2014 г.

Срок действия патента истекает 21 ноября 2023 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2669175

**УТИЛИЗАТОР ТЕПЛА С КИПЯЩИМ СЛОЕМ
ИНЕРТНОЙ НАСАДКИ**

Патентообладатель: *Седяров Олег Иванович (RU)*

Автор: *Седяров Олег Иванович (RU)*

Заявка № 2018101952

Приоритет изобретения 18 января 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 08 октября 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 18 января 2038 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2669819

СКРУББЕР

Патентообладатель: *Седяров Олег Иванович (RU)*Автор: *Седяров Олег Иванович (RU)*

Заявка № 2018101953

Приоритет изобретения 18 января 2018 г.

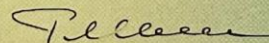
Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 16 октября 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 18 января 2038 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности
 Г.П. Ивлиев

Седярову О.И.



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ**АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО**

№ 1428429

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР,
Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий
выдал настоящее авторское свидетельство на изобретение:
"Сепаратор"

Автор (авторы): Чугунков Владимир Васильевич, Седышев
Андрей Владимирович, Седяров Олег Иванович, Приходкин
Валентин Тимофеевич и Шилин Александр Вячеславович

Заявитель:

Заявка № 4189435 Приоритет изобретения 2 февраля 1987г.

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений СССР

8 июня 1988г.

Действие авторского свидетельства распро-
страняется на всю территорию Союза ССР.

Председатель Комитета

Начальник отдела

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



RU

2015663369

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(12) ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства): <u>2015663369</u>	Авторы: Халитов Кирилл Александрович (RU), Седяров Олег Иванович (RU), Белоус Екатерина Александровна (RU)
Дата регистрации: 16.12.2015	
Номер и дата поступления заявки: 2015660001 19.10.2015	Правообладатель: федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии» (RU)
Дата публикации: <u>20.01.2016</u>	

Название программы для ЭВМ:

Программная прошивка микропроцессорного устройства модульной мониторинговой системы «ИБПОС»

Реферат:

Программа предназначена для обеспечения работоспособности мобильного микропроцессорного устройства (шумомера), входящего в состав модульной мониторинговой системы «ИБПОС» (измерительный блок параметров окружающей среды). В задачи программы входят: приём и обработка аналоговых и дискретных сигналов с сенсоров, дополнительная математическая обработка данных, формирование пакетов данных для дальнейшей передачи на вышестоящий уровень мониторинговой системы «ИБПОС», в данном случае в локальный модуль визуализации.

Тип реализующей ЭВМ: ATMEL AVR MCU

Язык программирования: C/C++

Вид и версия операционной системы: ATMEL AVR built-in

Объем программы для ЭВМ: 3,5 Кб

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2669820

СКРУББЕР

Патентообладатель: *Седяров Олег Иванович (RU)*

Автор: *Седяров Олег Иванович (RU)*

Заявка № 2018102336

Приоритет изобретения 22 января 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 16 октября 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 22 января 2038 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев



Акты внедрения и апробации результатов диссертационного исследования



АО «Егорьевск-обувь»
ИНН 5011017647 / КПП 501101001
Россия, 140305 Московская область,
г. Егорьевск, ул. Владимирская д.8

Телефон: +7 496 40 4-05-32
Факс: +7 496 40 4-05-34
Сайт: www.kotofey.ru
E-mail: info@kotofey.ru

«УТВЕРЖДАЮ»
Исполнительный директор
АО «Егорьевск-обувь»
_____ А. В. Евплов
«23» ноября 2021 г.

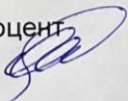





АКТ
производственной апробации результатов исследований

Настоящий акт составлен о том, что результаты диссертационной работы Седярова О. И. на тему «Научно-практические основы разработки методов оценки и моделирования воздействия технологических процессов обувных предприятий на производственный персонал и окружающую среду» в виде разработанного метода моделирования распространения вредных веществ, выделяющихся на клеевых операциях были использованы для оценки качества воздушной среды на рабочих местах цеха сборки обуви АО «Егорьевск-обувь».

Расчеты концентрации паров органических растворителей ацетона и этилацетата в воздухе рабочей зоны позволили определить проблемные зоны. По результатам проведенных расчетов разработаны мероприятия для улучшения качества воздушной среды и приведения условий труда к оптимальным, что положительно отразилось на производительности труда и материальных затратах.

Обоснованность и достоверность результатов работы математической модели подтверждена данными инструментального контроля.

<p>Представители РГУ им. А.Н. Косыгина</p> <p>канд. техн. наук, доцент О. И. Седяров </p> <p>д-р техн. наук, профессор В. В. Костылева </p>	<p>Представители АО «Егорьевск-обувь»</p> <p>Директор по производству А.В. Корсакова </p> <p>Главный инженер И.Н. Захаров </p>
---	--

р/с 40702.8102.40120100100 БИК 044525225 к/с 30101.8104.00000000225
Среднерусского банка ПАО «Сбербанк России»



АО «Егорьевск-обувь»
ИНН 5011017647 / КПП 501101001
Россия, 140305 Московская область,
г. Егорьевск, ул. Владимирская д.8

Телефон: +7 496 40 4-05-32
Факс: +7 496 40 4-05-34
Сайт: www.kotofey.ru
E-mail: info@kotofey.ru

«УТВЕРЖДАЮ»

Исполнительный директор
АО «Егорьевск-обувь»



А. В. Евплов

«23» ноября 2021 г.

АКТ

производственной апробации результатов исследований

Настоящий акт составлен о том, что результаты диссертационной работы Седярова О. И. на тему «Научно-практические основы разработки методов оценки и моделирования воздействия технологических процессов обувных предприятий на производственный персонал и окружающую среду» в виде разработанного метода моделирования распространения вредных веществ, выделяющихся на клеевых операциях были использованы для оценки качества воздушной среды на рабочих местах цеха сборки обуви АО «Егорьевск-обувь».

Расчеты концентрации паров органических растворителей ацетона и этилацетата в воздухе рабочей зоны позволили определить проблемные зоны. По результатам проведенных расчетов разработаны мероприятия для улучшения качества воздушной среды и приведения условий труда к оптимальным, что положительно отразилось на производительности труда и материальных затратах.

Обоснованность и достоверность результатов работы математической модели подтверждена данными инструментального контроля.

Представители
РГУ им. А.Н. Косыгина

канд. техн. наук, доцент
О. И. Седяров


д-р техн. наук, профессор
В. В. Костылева

Представители
АО «Егорьевск-обувь»

Главный инженер
И.Н. Захаров

Главный технолог
Е.Д. Левшина

«УТВЕРЖДАЮ»
 Первый проректор
 проректор по учебно-методической
 работе РГУ им. А. Н. Косыгина
 Дембицкий
 д-р экон. наук, проф. Седяков
 «24» сентября 2021

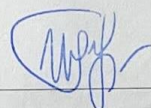


АКТ

о внедрении в учебный процесс результатов
 диссертационной работы **Седярова Олега Ивановича** на тему
 «Научно-практические основы разработки методов оценки и моделирования воздействия
 технологических процессов обувных предприятий на производственный персонал и
 окружающую среду», выполненной в ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина» на кафедре
 Энергоресурсоэффективных технологий, промышленной экологии и безопасности

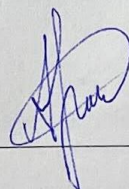
Настоящий акт составлен о том, что основные результаты диссертационной работы Седярова Олега Ивановича на тему «Научно-практические основы разработки методов оценки и моделирования воздействия технологических процессов обувных предприятий на производственный персонал и окружающую среду» внедрены в учебный процесс в институте химических технологий и промышленной экологии в виде учебных пособий (учебников) по дисциплинам «Проектирование и нормирование в природоохранной деятельности», «Основы моделирования технологических процессов и аппаратов», «Основы имитационного моделирования» для обучения бакалавров по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность».

Директор института химических
 технологий и промышленной
 экологии
 канд. техн. наук, доцент



И. Н. Бычкова

Ведущий преподаватель по
 дисциплине «Проектирование и
 нормирование в природоохранной
 деятельности»




А. П. Полиефтова

Ведущий преподаватель по
 дисциплинам «Основы
 моделирования технологических
 процессов и аппаратов», «Основы
 имитационного моделирования»
 канд. техн. наук



Е. В. Отрубянников

«УТВЕРЖДАЮ»
 Первый проректор
 проректор по учебно-методической
 работе РГУ им. А. Н. Косыгина
 д-р экон. наук, проф. Семин В. В. Дембицкий
 «24» сентября 2022

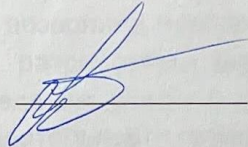


АКТ

о внедрении в учебный процесс результатов
 диссертационной работы **Седярова Олега Ивановича** на тему
 «Научно-практические основы разработки методов оценки и моделирования воздействия
 технологических процессов обувных предприятий на производственный персонал и
 окружающую среду», выполненной в ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина» на кафедре
 Энергоресурсоэффективных технологий, промышленной экологии и безопасности

Настоящий акт составлен о том, что отдельные результаты диссертационной работы
 Седярова Олега Ивановича на тему «Научно-практические основы разработки методов
 оценки и моделирования воздействия технологических процессов обувных предприятий на
 производственный персонал и окружающую среду» внедрены в учебный процесс в
 Магистратуре РГУ им. А. Н. Косыгина в виде учебных пособий по дисциплинам
 «Современные концепции обеспечения безопасности», «Моделирование и расчет
 массообменных процессов и систем повышения техносферной безопасности» для обучения
 магистров по направлениям подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность».

Начальник отдела магистратуры
 д-р техн. наук, профессор



Е. С. Бокова

Ведущий преподаватель по дисциплине
 «Современные концепции
 обеспечения безопасности»,
 «Моделирование и расчет
 массообменных процессов и систем
 повышения техносферной
 безопасности» канд. техн. наук



Е. В. Отрубяников