

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Московский государственный университет дизайна и технологии»**

На правах рукописи

Журавлева Надежда Леонидовна

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
БЕЛЬЕВОГО КОСТЮМА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОГО ПОДОДЕЖНОГО
МИКРОКЛИМАТА**

Специальность: 05.19.04 – Технология швейных изделий

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук, доцент
Лунина Е.В.

Москва, 2015 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. Анализ ассортимента одежды специального назначения для терморегуляции пододежного пространства.....	9
1.1 Общий анализ специальной одежды для создания комфортного микроклимата пододежного пространства.....	10
1.2 Анализ одежды специального назначения, оснащенной охлаждающими устройствами	11
1.3 Анализ одежды специального назначения с вентиляцией пододежного пространства воздухом	14
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1	30
ГЛАВА 2. Влияние рабочей среды на устройство системы принудительной вентиляции и конструкцию спецодежды для летчиков и космонавтов.....	31
2.1 Анализ факторов, определяющих физиологическое состояние человека в герметичной спецодежде и в кабине летательного аппарата.....	32
2.2 Определение оптимальных параметров пододежного микроклимата в герметичном снаряжении	41
2.3 Разработка требования к вентиляционному костюму.....	46
2.4 Разработка эргономичной системы вентиляции пододежного пространства	51
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2	73
ГЛАВА 3. Разработка метода проектирования бельевого костюма специального назначения с учетом параметров системы вентиляции для создания комфортного пододежного микроклимата.....	75
3.1 Разработка метода проектирования конструкции бельевого костюма с принудительной вентиляцией.....	75
3.2 Выбор текстильного материала для изготовления бельевого костюма специального назначения	81

3.3 Разработка размерной типологии для проектирования бельевого комбинезона ВК.....	90
3.4 Разработка методики конструирования бельевого комбинезона вентиляционного костюма	104
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3	130
ГЛАВА 4. Разработка бельевого комбинезона с принудительной вентиляцией для авиакосмической отрасли.....	131
4.1 Разработка экспериментальной конструкции бельевого комбинезона с системой принудительной вентиляции.....	131
4.2 Апробация разработанного метода проектирования бельевого костюма с принудительной вентиляцией	142
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4	149
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	151
Список сокращений.....	154
Список литературы.....	155
Список иллюстрированного материала.....	165
Приложение А.....	170
Приложение Б.....	172
Приложение В.....	175
Приложение Г.....	177
Приложение Д.....	182
Приложение Е.....	183
Приложение Ж.....	196
Приложение З.....	204

ВВЕДЕНИЕ

Существует большое количество видов деятельности, успешное выполнение которых невозможно без использования одежды специального назначения. Спецодежда выполняет защитную функцию, но при этом она должна обеспечивать нормальное функционирование человеческого организма, одним из важных составляющих которого является тепловой баланс тела человека. Большинство видов герметичной спецодежды, таких как скафандр космонавта, компрессионный костюм летчика, одежда для химзащиты, защитный костюм для ликвидаторов радиационных заражений и т.д., предохраняют человека от опасных и вредных внешних воздействий, но не создают комфортных условий для его деятельности. Это происходит из-за того, что в пододежном пространстве из-за отсутствия естественной вентиляции, вследствие герметичности костюма, происходит изменение температурных режимов и повышение влажности. Тепловое состояние человека напрямую влияет на его умственную работоспособность и сенсомоторные реакции. По этой причине под верхнюю спецодежду необходимо надевать специальные бельевого костюмы, а так же использовать дополнительные устройства принудительной вентиляции для создания комфортного пододежного микроклимата.

Герметичные костюмы, как правило, являются верхним слоем комплекта спецодежды, выполняющим функции защиты от вредных воздействий экстремальной рабочей среды. Комфортные условия пододежного пространства в современном герметичном снаряжении обеспечивают за счет использования под верхним костюмом портативных вентиляционных систем или системы вентиляционных трубок с принудительной подачей воздуха. Однако такой подход имеет следующие недостатки: невозможность обеспечения комфорта и эргономичности одновременно, вероятность пережатия трубок вентиляции вследствие их месторасположения, неравномерное вентилирование. Разработка нового типа бельевого костюма с повышенными гигиеническими показателями, содержащего в конструкции систему принудительной вентиляции воздуха, позволит устранить эти

недостатки и обеспечить комфортный пододежный микроклимат, что улучшит условия труда в экстремальных условиях, повысит работоспособность и качество выполняемой работы.

Цель работы состоит в разработке метода проектирования и способа изготовления одежды специального назначения бельевого ассортимента для обеспечения комфортного теплового состояния человека при работе в экстремальных условиях.

Для достижения поставленной цели решены следующие **задачи**:

- выполнен анализ ассортимента одежды специального назначения, оснащенной дополнительными устройствами для создания комфортного пододежного микроклимата;
- определено влияние среды на конструкцию спецодежды для летчиков и космонавтов;
- разработаны требования к вентиляционному костюму и его составляющим в зависимости от условий эксплуатации;
- разработан метод проектирования конструкций специальных бельевых изделий с учетом параметров системы принудительной вентиляции;
- разработан и апробирован бельевой комбинезон с принудительной вентиляцией для авиакосмической отрасли.

Объектом исследования являлся процесс проектирования белья и защитной одежды специального назначения, оснащенных устройствами для поддержания комфортного пододежного микроклимата.

Предмет исследования – бельевые костюмы специального назначения для создания комфортного пододежного микроклимата.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- составлена классификация швейных изделий, предназначенных для создания комфортного пододежного микроклимата;
- построена размерная типология для проектирования бельевых вентиляционных костюмов для летчиков и космонавтов;

- разработан метод проектирования бельевых костюмов специального назначения с принудительной вентиляцией, отвечающих повышенным гигиеническим и эргономическим требованиям и обеспечивающих стабильный тепловой баланс тела человека;
- разработана система принудительной вентиляции для специального бельевого костюма, обеспечивающая равномерную вентиляцию всей поверхности тела человека для поддержания комфортного теплового состояния и теплообмена;
- разработана методика конструирования бельевого комбинезона вентиляционного костюма, в которой растяжимость трикотажного полотна используется для формообразования и получения изделия плотного прилегания, а динамические прибавки – для обеспечения подвижности и эргономики изделия при расположении летчика или космонавта в амортизационном кресле.

Практическая значимость работы:

- определены особенности теплообмена летчиков и космонавтов в защитном снаряжении при расположении на рабочем месте;
- определены оптимальные параметры пододежного микроклимата, показатели системы вентиляции для их обеспечения, обоснована процентная схема оптимального распределения воздушного потока внутри скафандра;
- предложено три варианта крепления съемной системы вентиляции на бельевом костюме;
- разработана методика конструирования бельевого комбинезона из функционального трикотажного полотна;
- составлена нормативно-техническая документация для изготовления бельевого комбинезона с системой принудительной вентиляции пододежного пространства;
- разработан, изготовлен и апробирован образец вентиляционного костюма для комплектации космических скафандров.

Методы исследования: в работе использованы методы теоретического анализа, экспериментального моделирования, расчетно-графические методы построения конструкций одежды, прикладное программное обеспечение, современ-

ные методы и технические средства исследования свойств материалов и одежды. Апробация системы вентиляции и вентиляционного костюма проводилась на предприятиях авиакосмической отрасли: ОАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева» и ОАО «НПП «Звезда» им. академика Г.И. Северина».

На защиту выносятся:

- классификация специзделий для создания комфортного пододежного микроклимата;
- метод проектирования спецодежды с принудительной вентиляцией, обеспечивающей стабильный тепловой баланс тела человека;
- размерная типология для проектирования бельевого комбинезона вентиляционного костюма;
- методика конструирования бельевого комбинезона вентиляционного костюма;
- технология изготовления бельевого комбинезона вентиляционного костюма космонавта.

Достоверность научных положений, выводов и результатов, сформулированных в диссертационной работе, подтверждается применением современных информационных технологий, согласованностью результатов теоретических и экспериментальных исследований, корректным использованием методов статистического анализа, апробацией основных положений диссертации в научной периодической печати, конференциях, а также актом внедрения на предприятии авиакосмической отрасли.

Реализация результатов работы. Основные результаты диссертационной работы внедрены на ОАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева» и ОАО «НПП «Звезда» им. академика Г.И. Северина»; используются в учебном процессе на кафедре «Художественное моделирование, конструирование и технология швейных изделий» ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет дизайна и технологии» при подготовке бакалавров и магистров, обучающихся по направлениям 262200 «Конструирование изделий легкой промышленности» и 262000 «Технология изделий легкой промышленности».

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены на следующих конференциях: Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Молодая наука», VII Международной научно-технической конференции «Инновации и перспективы сервиса», 65-ой научной конференции студентов и аспирантов «Молодые ученые – XXI веку», Международной Корейско-Китайской конференции, 11-я Международной конференции «Авиация и космонавтика-2012», Московском Фестивале Науки.

Работа задействована при выполнении хоздоговорной темы №1.1.12 «Развитие научных основ проектирования предметов одежды и обуви специального назначения с повышенными защитными свойствами». Результаты исследования апробированы и внедрены на предприятиях авиакосмической отрасли ОАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева» и ОАО «НПП «Звезда» им. академика Г.И. Северина», что подтверждено соответствующими документами.

Публикации. Основные положения работы опубликованы в девяти научных публикациях, три из которых опубликованы в научных журналах, включённых в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций.

Личный вклад соискателя состоит в общей постановке задачи, постановке и разработке основных проблем теоретических и экспериментальных исследований, выборе методов проведения экспериментальных исследований и обработке результатов. При непосредственном участии автора разработаны: метод проектирования спецодежды с принудительной вентиляцией, система принудительной вентиляции для специального бельёвого костюма, образец вентиляционного костюма для комплектации космических скафандров. Автору принадлежит теоретическое обобщение результатов работ, опубликованных в соавторстве и использованных при написании данной диссертационной работы.

Структура работы. По структуре диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов по каждой главе, общих выводов по работе, библиографии, 8 приложений на 36 страницах. Работа изложена на 205 страницах машинописного текста, содержит 51 рисунок, 17 таблиц. Библиография включает 107 источника.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ АССОРТИМЕНТА ОДЕЖДЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ ПОДОДЕЖНОГО ПРОСТРАНСТВА

Одно из условий комфортного самочувствия человека, сохранения его высокой работоспособности и здоровья – обеспечение температурного гомеостаза, т.е. термостабильного состояния организма. Тепловое состояние человека напрямую влияет на его умственную работоспособность и сенсомоторные реакции, а иногда и на сохранность жизни. Однако биологические возможности системы терморегулирования человека ограничены, особенно в случае пребывания в экстремальных температурных условиях [1, 2]. Для работы в таких условиях необходимо использовать специальную одежду, способную защитить человека от гипотермии или гипертермии. По этой причине во многих странах специалисты занимаются разработкой одежды, обеспечивающей человеку комфортное состояние при работе в экстремальных термических условиях.

Особенно остро задача разработки одежды, создающей комфортное тепловое состояние человека, стоит в авиационно-космической и оборонной промышленности, где спецодежда является одним из главных составляющих, обеспечивающих успешную работу специалиста. Однако в большинстве случаев спецодежда не исключает перегрева организма, который может значительно снизить концентрацию внимания человека на выполнении ответственной миссии. В связи с этим существует потребность в разработке новых видов спецодежды, выполняющих не только свое прямое функциональное назначение, но и гарантирующих комфортное тепловое состояние человека при работе в особо сложных условиях, что можно достичь при наличии механизма регулирования микроклимата пододежного пространства [3].

Для разработки качественной современной спецодежды необходимо проанализировать имеющийся на сегодняшний день ассортимент спецодежды для

защиты от тепла, способствующий поддержанию комфортного микроклимата. Это позволит выявить недостатки и достоинства имеющихся конструктивных и технологических решений, что необходимо для объективного подхода к решению поставленной задачи.

1.1 Общий анализ специальной одежды для создания комфортного микроклимата пододежного пространства

Одежда специального назначения — это специально разработанная одежда (костюм, комбинезон, халат, нательное белье, фартуки, нарукавники и др.), созданная защищать рабочего от вредных воздействий внешней среды и обеспечивать необходимые для работы характеристики [4]. В зависимости от назначения и в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.103-83 «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная, защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация» спецодежда классифицируется на 15 групп и 39 подгрупп. В зависимости от назначения специальной одежды к ней предъявляется сложный комплекс требований: защитных, гигиенических, эксплуатационных и эстетических [1].

К спецодежде относят не только простые однослойные предметы специального назначения, но и сложные изделия, таких как скафандр космонавта, водолаза, противоперегрузочный костюм летчика и т.д., в которых не возможно добиться комфортного пододежного микроклимата естественным путем, без применения каких-либо специальных приспособлений, направленных либо на обогрев тела, либо на его охлаждение (в зависимости от назначения). По этой причине в современном ассортименте спецодежды следует выделять особую категорию одежды, которая имеет специальное оснащение для создания комфортного микроклимата пододежного пространства. Проведенный литературный и патентный поиск показал, что такая спецодежда подразделяется на три типа (Таблица 1).

Таблица 1– Специальная одежда с устройствами для создания комфортного пододежного микроклимата

Тип	Пример
Одежда, оснащенная обогревательными устройствами	Водообогревательные системы водолазных глубоководных костюмов, электрообогревательная одежда, и пр.
Одежда, оснащенная охлаждающими устройствами	Костюмы водяного охлаждения, вентиляционные жилеты, костюмы и пр.
Универсальная спецодежда, которую в зависимости от различных факторов можно использовать как для охлаждения, так и для обогрева.	Вентиляционный костюм летчика (в зависимости от температуры подаваемого вентиляционной установкой воздуха)

Универсальная спецодежда изготавливается обычно на основе либо охлаждающей, либо обогревающей одежды, и ее свойства зависят только от температуры теплоносителя.

Одежда, оснащенная обогревательными устройствами, уже достаточно хорошо изучена, в том числе и специалистами МГУДТ [5, 6]. Но вопросы разработки изделий, направленных на защиту человека от тепла, еще мало изучены, хотя именно такая специальная одежда наиболее востребована при работе в сложных условиях окружающей среды при необходимости герметичности верхнего слоя одежды, как, например, в костюме космонавта [7]. Рассмотрим более подробно категорию одежды специального назначения, оснащенную охлаждающими устройствами.

1.2 Анализ одежды специального назначения, оснащенной охлаждающими устройствами

К данной категории можно отнести практически все разновидности герметичной спецодежды: скафандр космонавта, летчика, одежда для химзащиты, за-

щитный костюм для ликвидаторов радиационных заражений (Рисунок 1) и т.д., а так же защитную одежду, которая в силу большой толщины пакета и использования огнестойких материалов значительно снижает естественную вентиляцию пододежного пространства, – это спецодежда различных силовых структур, бронекостюмы групп специального назначения и военных структур, защитная одежда сапера (Рисунок 2), костюмы летчиков истребителей и т.д.



Рисунок 1– Различные изолирующие костюмы [8]



Рисунок 2 – Защитные комплекты сапера «Дублон», «Заслон», «Витязь-ПМ», «Витязь-ПМ-1С» [8]

Такая одежда предохраняет человека от опасных и вредных внешних воздействий, но не создает комфортных условий для его деятельности, а, наоборот, вследствие отсутствия естественной вентиляции тела, происходит повышение температуры и влажности пододежного микроклимата, что ведет к неизбежной гипертермии. При недостаточной естественной вентиляции пододежного пространства или при ее полном отсутствии в герметичных костюмах необходимо вводить искусственную принудительную вентиляцию.

На сегодняшний день в мировой практике изготовления спецодежды используются следующие способы искусственного отвода тепла от тела специалиста:

- применение водяного охлаждения [9 – 12];
- снятие тепла с использованием скрытой теплоты плавления льда или испарения сухой углекислоты контактным способом непосредственно с тела оператора [8, 13];
- вентиляция подкостюмного пространства воздухом (газовой смесью) [9 – 14].

Водяное охлаждение широко применяется в охлаждающей спецодежде, такой как специальные костюмы и жилеты. Так костюмы водяного охлаждения используют в космонавтике и авиации. Физиологическое действие водяного охлаждения основано на том, что протекающая по трубкам системы охлаждения вода способствует охлаждению кожного покрова и существенному уменьшению потоотделения. Даже при значительных энергозатратах (до 450 – 500 Вт) потеря влаги организмом не превышает 0,2 – 0,25 кг/ч. Основными требованиями, предъявляемыми к костюму водяного охлаждения, являются надежность в эксплуатации, минимизация гидравлического сопротивления и массы [9 – 12]. Кроме того, костюм должен легко сниматься и надеваться, не ограничивать движения человека и конструктивно сочетаться с другим снаряжением. Недостатком костюма с водяным охлаждением является то, что для его эксплуатации необходимо дополнительно применять насос, источник энергии для его работы и охлаждающее устройство для воды. И главное, что при повреждении системы охлаждения чело-

век может оказаться полностью мокрым, что может привести к выходу из строя другого сопутствующего электрооборудования.

Для осуществления второго способа снятия тепла, непосредственно с тела человека, разработано множество вариантов [8 – 14]. Такие предметы спецодежды могут быть выполнены как в виде жилета, так и в виде костюма. Основными способами снятия тепла являются использование:

- скрытой теплоты плавления льда;
- предварительно охлажденной, не циркулирующей воды [14];
- охлаждающих элементов, сделанных из РСМ (материалов, изменяющих фазовое состояние), различных смесей кристаллических солей.

В последнем способе материалом охлаждающих элементов является глауберова соль, которая при температуре ниже 22 °С представляет собой твердое тело. При температуре поверхности 28°С содержимое охлаждающих элементов переходит в жидкое состояние, поглощая тепловую энергию. В этом состоянии, например жилет с охлаждающими элементами с глауберовой солью, может уменьшить растущую температуру тела пользователя на три - четыре градуса [8]. Но основным минусом снятия тепла описанным способом является то, что процесс теплосъема происходит не регулируемо.

Вентиляция подкостюмного пространства воздухом (газовой смесью) является контролируемым процессом, именно по этой причине спецодежда с таким видом вентиляции способна удовлетворить всем требованиям, определяющим комфортное состояние человека при выполнении работ в особых условиях.

1.3 Анализ одежды специального назначения с вентиляцией пододежного пространства воздухом

Рассматриваемый подкласс спецодежды с охлаждающими устройствами отличается тем, что комфортный микроклимат в пододежном пространстве создается с помощью принудительно подаваемого воздуха или газовой смеси. Воздух

подается в пододежное пространство специальными нагнетающими устройствами. Для распределения воздуха могут применяться системы воздухопроводов и каналов.

К рассматриваемой категории одежды применяются несколько терминов: вентилируемая, вентилирующая, вентиляционная. Все эти термины очень близки по своему значению и официального определения к ним нет, поэтому примем по отношению к ним классификацию, исторически сложившуюся в авиакосмической отрасли:

- вентилирующая одежда – изделие полностью оборудовано системой вентиляции и может работать автономно;
- вентилируемая одежда – изделие оборудовано системой для подачи воздуха, но собственных вентиляторов не имеет, поэтому для функционирования необходима подача воздуха извне;
- вентиляционная одежда – изделие оснащенное системой вентиляции (или системой для подачи воздуха); такая одежда всегда является частью комплекта защитного снаряжения и не применяется самостоятельно.

В данной категории изделий стоит отдельно рассматривать герметичные и негерметичные изделия, т.к. принцип вентиляции в них различный. Основным отличием вентиляционных систем применяемых в герметичных изделиях является то, что изделия необходимо оснастить не только устройством подачи воздуха, но так же и устройством его удаления.

Негерметичная спецодежда

Делая обзор спецодежды с вентиляцией пододежного пространства для создания комфортного микроклимата, стоит начать с рассмотрения разработки японской компании «Thanko», сделанной для офисных работников, работающих в условиях жаркого климата. На рисунке Рисунок 3 представлена проветриваемая USB-рубашка. С обеих сторон спины в нее встроено по десятисантиметровому вентилятору, скорость вращения каждого из которых может регулироваться с по-

мощью переключателя. Эта рубашка может работать от четырех батареек типа АА, на случай, если нет возможности воспользоваться USB-портом [15].



Рисунок 3 – Вентилирующая рубашка компании «Thanko» [15]

Также в компании «Thanko» разработаны специальные вентилярующие USB-подушки для сидения кресел. Подушки оснащены нагнетающим вентилятором, который через поры материала подает прохладный воздух, чтобы снимать избыточное тепло с ягодичных участков тела. В конструкции применен тихий и мощный вентилятор, а его обороты можно регулировать. Размеры подушки составляют 49,0 x 50,5 см, толщина не превышает нескольких миллиметров [15].

Для спортсменов, промышленных рабочих и персонала аварийных и спасательных служб голландская компания «Entrak» разработала вентилярующий жилет VentilationVest (Рисунок 4), предназначенный для избежания теплового стресса людьми данных профессий. Жилет оснащен специальными вентиляторами, размещаемыми в карманах по бокам, при желании вентиляторы могут быть извлечены. Система охлаждения способна прокачивать до 550 литров воздуха в минуту, при этом уровень шума, создаваемый ею, составляет 41 дБ. Воздух распространяется по жилету через внутренний объемный полиэстеровый слой толщиной 10 мм, который обеспечивает необходимый зазор между кожей и изделием с целью упрощения перемещения воздуха. Вес жилета 1,3 кг (800 г без системы

охлаждения). Питание жилета осуществляется с помощью встроенных аккумуляторов, которых хватит на 8 часов непрерывного охлаждения. Их полная зарядка производится в течение 3 часов [16].



Рисунок 4 – Вентилирующий жилет VentilationVest [16]

Для военных и силовых структур в странах НАТО применяются вентилярующие жилеты, с так называемой системой BVS (Body Ventilation System) (Рисунок 5). Жилет представляет собой легкий, не стесняющий движений предмет одежды, предназначенный для предохранения от теплового удара солдат «горячих» специальностей – прежде всего водителей, пулеметчиков, членов экипажей вертолетов и боевых машин. Основное отличие данного жилета – это вмонтированная в него система циркуляции воздуха, которая, по словам разработчиков, эффективно обеспечивает отвод тепла с поверхности тела. Более мощный вентилятор идет в комплекте с воздушным фильтром и размещен не в карманах жилета, а в небольшом мешочке, закрепляемом на поясе. Вентилятор соединяется с жилетом гибким шлангом. В зависимости от условий, система охлаждения может работать в различных режимах. Общий вес жилета и вентилятора не превышает 2,25 килограмма. Система может использоваться совместно с бронежилетом. Пентагон активно использовал данные жилеты в Ираке [17].



Рисунок 5 – Армейский вентилирующий жилет [17]

В России на сегодняшний день защитная одежда силовых структур в основном изготавливается без вентилирующих устройств (даже указанные выше защитные комплекты саперов), что в теплую погоду создает дополнительные трудности, мешая концентрироваться на сложной и без того работе. Исключением является спецодежда группы специального назначения «Альфа» и летчиков истребителей, однако сведений об устройстве этой одежды в широком доступе нет.

Основным недостатком проанализированных видов вентилирующей спецодежды является то, что они снимают избыточное тепло и спасают от теплового стресса только верхнюю часть тела человека. Но этого не всегда достаточно. При очень высоких температурах или в защитных комплектах, где большую толщину имеет весь костюм, а не только его верхняя часть, необходимо применять вентиляционный костюм, покрывающий большую часть тела человека и обеспечивающий нужную температуру всего поддежного пространства. Вентиляционные костюмы в составе негерметичного снаряжения применяются в основном в спецодежде летчиков военной авиации.

Основное назначение вентиляционного костюма – защищать человека от жары и удалять влагу, испаряемую поверхностью кожи. Для этого в костюме непрерывно нужно подавать воздух, причем требуется тщательный расчет распределения вентилирующих потоков по телу человека, их скорости и температуры во избежание переохлаждения [11, 12].

Как правило, вентиляционный костюм представляет собой комбинезон с нашитой на него системой вентиляции, помещенный между нательной и верхней одеждой человека, оснащенный принудительной подачей воздуха от бортовых (БВУ) или переносных (ПВУ) вентиляционных установок. Недостатками костюма с таким устройством (при малом количестве трубок воздухопроводов) часто являются неравномерная вентиляция всей поверхности тела и высокое гидравлическое сопротивление. При большом числе параллельных трубок воздухопроводов можно достигнуть требуемого низкого гидравлического сопротивления, но это увеличивает жесткость и вес костюма.

Другой вариант устройства вентиляционного костюма заключается в использовании двух слоев воздухо непроницаемой ткани, при этом на внутреннем слое ткани расположено множество отверстий диаметром 1,5-2 мм, через которые вентилирующий воздух обдувает человека. Между двумя слоями ткани помещены гибкие прокладки, обеспечивающие проход воздуха во всех необходимых направлениях. Недостатком такого «мягкого» костюма (без каркасирующих трубок воздухопроводов) является нестабильное распределение воздуха при различных положениях человека, высокое гидравлическое сопротивление системы, а также частичное пережатие вентиляционных каналов при использовании в комплекте с противоперегрузочным или высотно-компенсирующим костюмом и затянутых ремнях подвесной системы парашюта [2, 11, 12].

Внимание стоит уделить успешной отечественной разработке – современной конструкции вентиляционного костюма ВК-3М, изготавливаемого ОАО "Объединение "Вымпел" и применяемого летчиками в комплекте штатного снаряжения (Рисунок 6). Вентиляционный костюм представляет собой тканевый комбинезон с центральной застежкой-молнией. На внутренней поверхности ком-

бинезона нашиты направляющие для монтажа системы вентиляции. Устанавливаемая на костюм система вентиляции выполнена в виде камер из прорезиненной ткани с отверстиями, имеет наполнитель из высокообъемного материала. Камеры имеют ответвления – каналы, которые уходят на спинку, с трапециевидным расширением в области лопаток, и каналы, выходящие к шейной области. Система имеет шланг ввода вентиляционного воздуха и устройство для регулирования подачи воздуха, установленное на передней части комбинезона в области талии [18,19]. В литературных источниках недостатков данного костюма не указано.



Рисунок 6 – Вентиляционный костюм ВК-3М: на схеме пунктирными линиями отмечено месторасположение системы вентиляции [18,19]

Герметичная спецодежда

В герметичной спецодежде тепло от тела человека снимается газом, заполняющим подкостюмное пространство, за счет его нагрева и увлажнения. Далее тепло должно передаваться оболочке костюма и рассеиваться с нее или переноситься вентилярующим газом в теплообменник системы вентиляции. Поскольку в теплозащитных костюмах передача тепла через оболочку костюма исключена,

необходимо решить задачу транспортировки тепла от тела оператора в теплообменник.

Одной из разновидностей герметичной одежды специального назначения являются изолирующие костюмы (ИК) (см. Рисунок 1), которые в зависимости от назначения и в соответствии с СанПиН 2.2.8.47-03 «Костюмы изолирующие для защиты от радиоактивных и химически токсичных веществ» [20] подразделяются на костюмы для защиты от:

- повышенного содержания радиоактивных веществ в воздухе рабочей зоны;
- химических факторов;
- биологических факторов;
- повышенных или пониженных температур воздуха рабочей зоны.

ИК бывают вентилируемые и не вентилируемые. В зависимости от способа подачи воздуха в подкостюмное пространство изолирующие костюмы подразделяют на шланговые (Ш) и автономные (А), а в зависимости от способа выпуска воздуха из подкостюмного пространства – на 5 классов:

- не вентилируемые ИК (класс 1);
- ИК, в котором воздух, подаваемый в подкостюмное пространство, удаляется в рабочую зону через конструкционные неплотности (рукава, низ брюк и т.д.) без каких-либо устройств, препятствующих обратной диффузии опасных и вредных веществ (класс 2);
- ИК, в котором воздух, подаваемый в подкостюмное пространство, удаляется в рабочую зону через устройства, состоящие из клапанов и фильтров, но не имеющие трубок, обеспечивающих повышение скорости потока воздуха (класс 3);
- ИК, в котором воздух, подаваемый в подкостюмное пространство, удаляется в рабочую зону через устройства, состоящие из клапанов, фильтров и трубок, обеспечивающих высокую скорость потока воздуха и предотвращающих диффузию опасных и вредных веществ в подкостюмное пространство (класс 4);

– ИК, в котором воздух, подаваемый в подкостюмное пространство, удаляется по шлангу за пределы рабочей зоны и не изменяет состава атмосферы рабочей зоны (например, среды аргона, азота и т.д.) (класс 5).

Расход воздуха, по требованиям СанПиН 2.2.8.47-03 [20], подаваемого в шланговые вентилируемые костюмы (классов 5 и 4), должен быть не менее 250 л/мин., в том числе в зону дыхания – не менее 150 л/мин. При этом отклонение средней температуры тела человека при работе в ИК от средней температуры без костюма не должно превышать $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение заданного времени непрерывного пользования изолирующим костюмом. А оптимальная температура вдыхаемой газовой смеси при относительной влажности $60 \div 80\%$ (влажная смесь) не должна превышать $36\text{ }^{\circ}\text{C}$. ИК должны обеспечивать возможность бесступенчатого регулирования скорости подачи воздуха в диапазоне от 150 до 500 л/мин.

Система подачи воздуха в подкостюмное пространство должна гарантировать безопасность работающего в случае ее повреждения, что выполняется путем включения в конструкцию костюма аварийного устройства, обеспечивающего человеку возможность дыхания в течение времени, необходимого для выхода из загрязненной рабочей зоны, или путем применения респиратора.

Для ИК, предназначенных для эксплуатации в неблагоприятных микроклиматических условиях, также должна быть предусмотрена возможность отведения или подведения тепла и, следовательно, система регулирования температуры воздуха в подкостюмном пространстве [20].

Изолирующие костюмы имеют свободное прилегание и используются без каких-либо привязных систем, поэтому обеспечить продувку пододежного пространства, создавая комфортный микроклимат для тела, в них не составляет труда.

Сложнее ситуация обстоит со скафандрами для летчиков и космонавтов (Рисунок 7), т.к. данные изделия имеют более плотное прилегание к телу. Помимо этого скафандры используются в совокупности с креслами, имеющими так называемую привязную систему – привязные ремни для фиксации человека в определенной позе, предотвращающие возможность удара человека о внутрикабинные

конструкции и оборудование при вынужденной посадке летательного аппарата [21]. Такое устройство спецодежды, может привести к пережатию некоторых участков системы вентиляции, что вызовет неравномерное вентилирование поддежного пространства, а участки тела, наиболее нуждающиеся в вентиляции (руки и ноги), останутся без нее.



а

б

Рисунок 7 – Скафандры: *а* – космический скафандр "Сокол КВ-2" в кресле "Казбек" с затянутой привязной системой; *б* – авиационный скафандр «Баклан» в катапультном кресле К-36 ДМ с привязной парашютной системой [22]

Скафандр (от греч. *skaphe* — лодка и *aner* — человек) – индивидуальное герметичное снаряжение, обеспечивающее жизнедеятельность и работоспособность человека в условиях, отличающихся от нормальных [23]. Скафандр состоит из оболочки и различных систем, поддерживающих жизнедеятельность.

В зависимости от способа образования дыхательной смеси в скафандре различают:

- вентилирующий (или вентилируемый) скафандр – смесь в скафандр поступает по шлангу либо от вентиляционных установок, либо из баллона с последующим выбрасыванием ее в окружающее пространство;

– регенерационный скафандр – выдыхаемая газовая среда в специальном патроне очищается от углекислого газа и влаги, обогащается кислородом и вновь направляется в скафандр.

Скафандры подразделяются на авиационные, водолазные и космические. Космические скафандры в свою очередь подразделяют на:

– аварийно-спасательные, используются космонавтами при разгерметизации кабины космического корабля или при отклонении параметров атмосферы в кабине от расчетных значений (как правило, вентилируемые);

– для пребывания в открытом космосе: предохраняет космонавтов от микрометеоритных частиц, от перегрева на солнечной стороне и охлаждения в тени, защищает глаза от солнечного излучения. Скафандр связывается с космическим кораблем либо гибким фалом-шлангом, по которому подается дыхательная смесь, либо имеет автономную систему жизнеобеспечения;

– для выхода на поверхность небесных тел. В них космонавт должен самостоятельно передвигаться по поверхности, поэтому требуется регенерационный тип скафандра [22, 23].

В скафандрах может применяться отдельная (Рисунок 8 а) или общая система вентиляции (Рисунок 8 б-г). При отдельной системе вентиляции в шлем подается кислород для дыхания, а туловище вентилируется воздухом. В общей системе вентиляции подаваемые газы поступают под оболочку скафандра через одно входное отверстие. Известны следующие варианты этих систем:

– с подачей воздуха в шлем и туловище (Рисунок 8 б);

– с подачей воздуха в туловище и конечности и отводом его из шлема (Рисунок 8 в);

– с подачей воздуха в шлем и отводом его из туловища и конечностей с помощью трубок (Рисунок 8 г) [12].

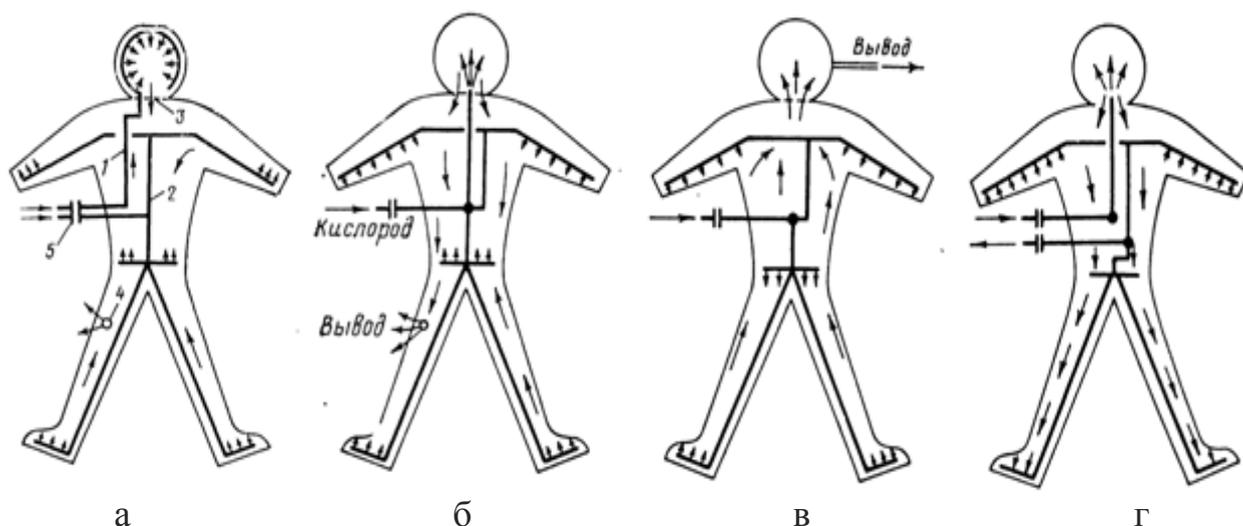


Рисунок 8 – Схемы вентиляции скафандров [12]

Для распределения вентиляции в скафандрах используют дополнительные системы, разводящие вентиляционный поток по всему телу, которые размещают либо на внутренней оболочке скафандра (Рисунок 9), либо на специальном вентиляционном костюме, который одевают под скафандр (Рисунок 10) [12].

Система вентиляции, размещаемая на скафандре, как правило, жесткого типа и состоит из трубочек ПВХ или каркасированных воздуховодов (рукава выполненные из воздухонепроницаемой ткани, внутрь которых вставлен каркас – пружина нужного сечения) различного диаметра расходящихся от центрального жесткого коллектора, в который по шлангу, через оболочку скафандра, поступает газовая смесь от вентиляционной установки. Воздуховоды заканчиваются, как правило, упругими (в основном резиновыми) коллекторами: кистевыми, ножными (стельки) и головными коллекторами.

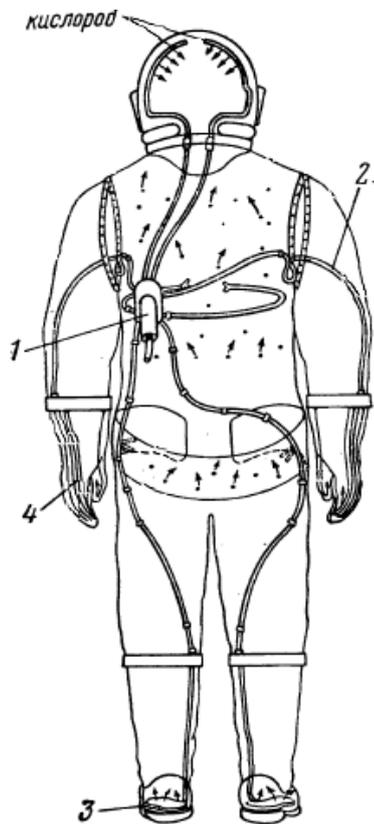


Рисунок 9 – Система вентиляции скафандра, размещенная на внутренней поверхности герметичной оболочки: 1 – коллектор, подводящий воздух; 2 – шланги системы вентиляции; 3 – вентиляционная стелька; 4 – вентиляция перчаток [12]

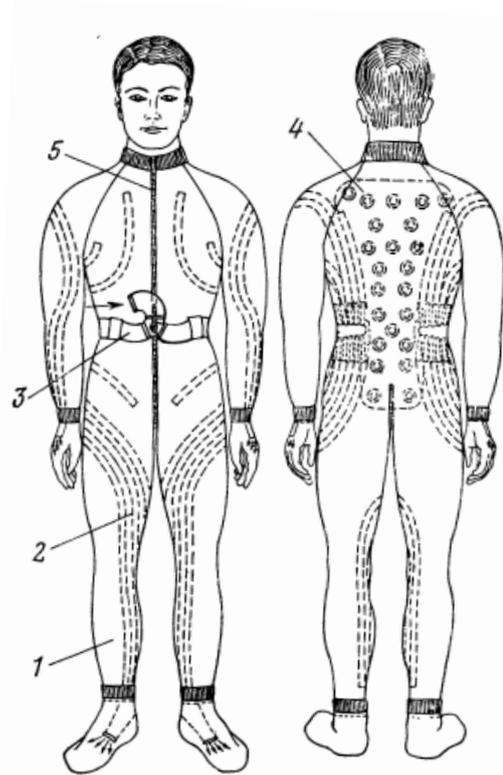


Рисунок 10 – Вентиляционный костюм скафандра со смешанной (шланговой и панельной) системой вентиляции: 1 – комбинезон из плотной ткани; 2 – вентиляционные шланги; 3 – коллектор подачи воздуха; 4 – вентиляционные панели на спине; 5 – застежка-«молния» [12]

Вентиляционные костюмы, применяемые в скафандрах, по конструкции системы распределения воздуха можно подразделять на шланговые, панельные, смешанные.

В шланговой системе воздух подводится к различным участкам тела по гибким шлангам, имеющим постоянный внутренний диаметр. При панельной системе вентиляции вентилярующий костюм изготавливается в виде комбинезона с двумя воздухонепроницаемыми оболочками, подаваемый в костюм воздух поступает в пространство между двумя оболочками и выводится из этого пространства к телу человека через малые отверстия на внутренней оболочке. Отработанный воздух выводится из-под костюма через большие отверстия [12, 13] (Рисунок 11).

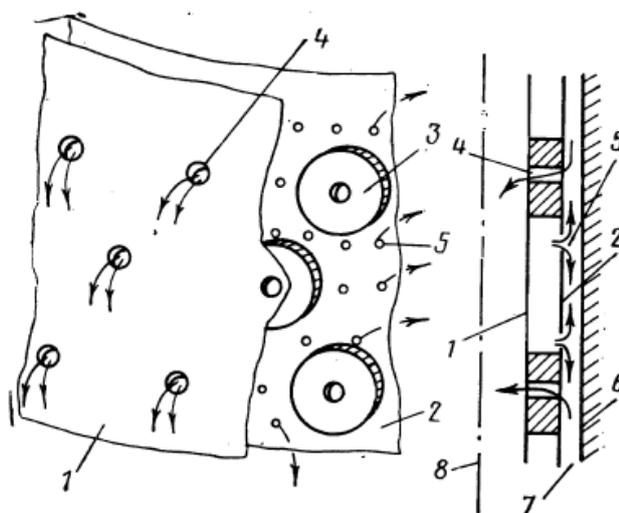


Рисунок 11 – Схема панели вентиляционного костюма:

1 – наружная оболочка; 2 – внутренняя (к телу человека) оболочка; 3 – прокладка (шайба); 4 – отверстие для выхода воздуха; 5 – отверстия на внутренней оболочке для подачи воздуха; 6 – поверхность тела человека; 7 – вентиляционный зазор; 8 – герметичная оболочка скафандра [13]

Костюм со смешанной системой вентиляции (Рисунок 10) состоит из комбинезона, коллектора, комплекта шлангов и панелей. Комбинезон изготавливается из достаточно прочной ткани и служит основой, к которой крепится вся вентилирующая система. [12, 13]

Соппротивление подобных костюмов обычно не превышает $200 \div 300$ мм вод. ст. при подаваемом воздуха 300 л/мин. [12].

Для снятия избыточного тепла в составе скафандра «Орлан» также применяются костюмы водяного охлаждения (КВО), состоящие из эластичного сетчатого комбинезона по которому разведена сеть тонких трубочек с водой (Рисунок 12).

На основе проведенного анализа многообразия специзделий для создания комфортного пододежного микроклимата разработана классификация, представленная на рисунке 13. Классификация показывает весь ассортимент спецодежды с естественной и принудительной вентиляцией, и в дальнейшем облегчит работу с ним.

Вентиляционные костюмы, описанные выше, в настоящее время не применяются. Они были сняты со штатной эксплуатации 20 – 30 лет назад, т.к. имели

достаточно большое сопротивление и увеличивали время снаряжения космонавта. Поэтому на сегодняшний день система вентиляции во всех космических скафандрах установлена на герметичной оболочке.

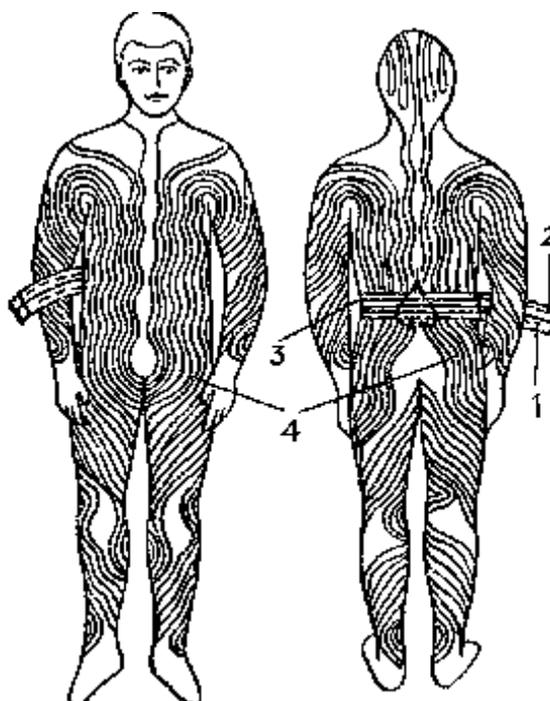


Рисунок 12 – Костюм с водяным охлаждением:

1 – трубка подвода воды; 2 – трубка вывода воды из костюма; 3 – коллектор; 4 – трубки, по которым течет охлаждающая космонавта вода [11]

В ходе разработки новых скафандров, возникла необходимость снятия системы вентиляции с оболочки скафандра, т.к. она плохо совместима с системой регулировки, используемой для «подгонки» скафандра по параметрам индивидуальной фигуры человека, а именно при фиксации требуемой длины брючин и рукавов. Так при регулировке скафандра на минимальный размер, происходит «заламывание» трубок, что создает дополнительное гидравлическое сопротивление и, как следствие, ухудшается вентиляция конечностей. Поскольку под скафандр одевается только белье то, чтобы снять систему вентиляции со скафандра и не вводить в его состав дополнительного изделия необходимо совместить систему вентиляции и белье в новом вентиляционном костюме. А для обеспечения вентиляции всего тела человека вентиляционный костюм должен быть выполнен в виде комбинезона.

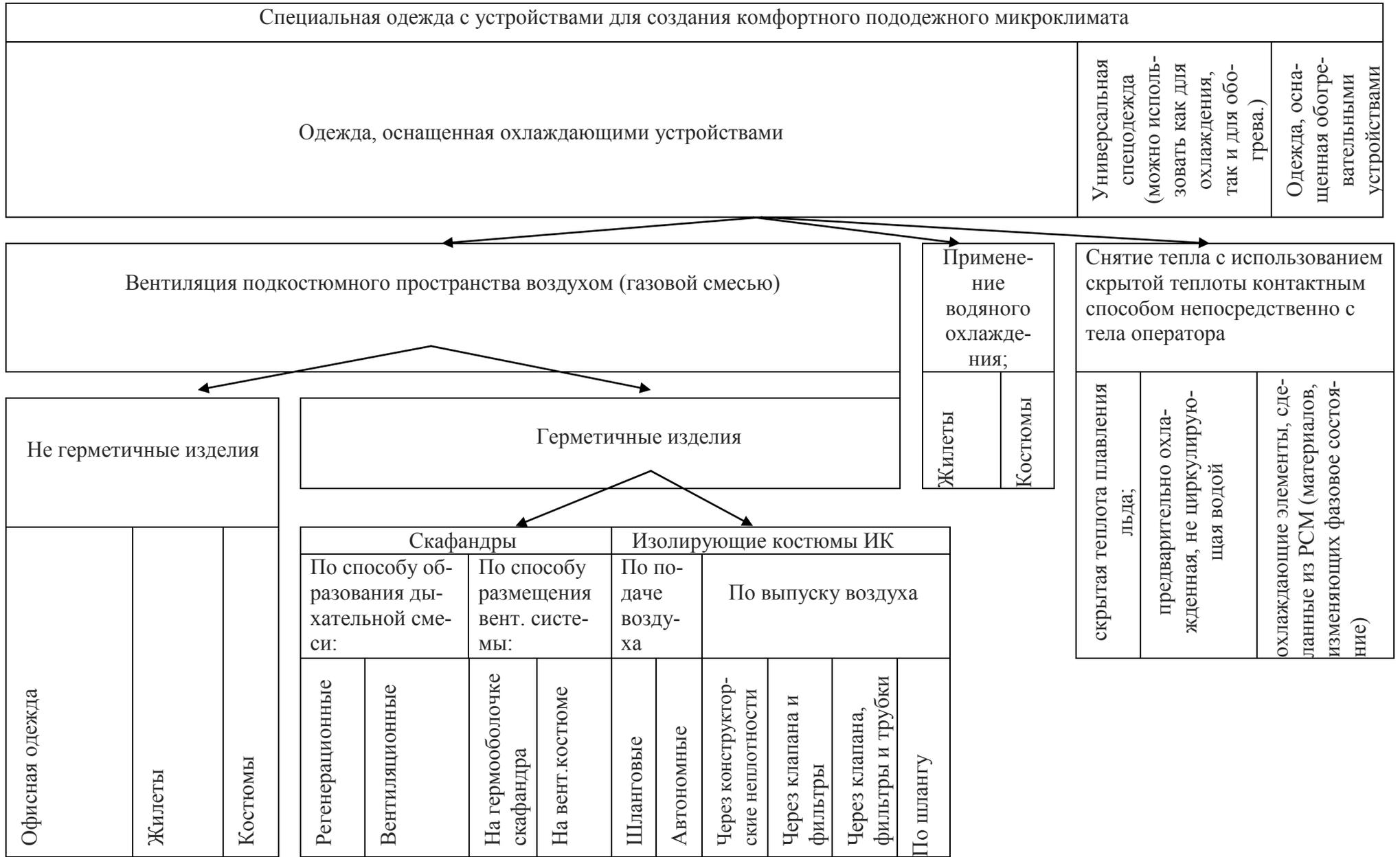


Рисунок 13 – Классификация специзделий для создания комфортного пододежного микроклимата

Таким образом, новый вентиляционный костюм должен иметь конструкцию бельевого комбинезона, быть изготовлен из современных материалов с повышенными гигиеническими показателями и содержать сразу в конструкции систему разводки принудительной вентиляции воздуха.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1

1. Выполнен анализ ассортимента изделий специального назначения, оснащенных устройствами для создания комфортного пододежного микроклимата, и одежды специального назначения с принудительной вентиляцией пододежного пространства, на основе которого составлена классификация данных предметов спецодежды.

2. В результате анализа спецодежды для работы в сложных условиях выявлено, что оптимальной системой защиты тела человека от перегрева в герметичной спецодежде является принудительная вентиляция, так как снятие тепла охлаждающими элементами - это не регулируемый процесс, а водяное охлаждение при повреждении может залить всю одежду и привести к выходу из строя другого сопутствующего электрооборудования.

3. Обосновано, что для создания комфортного микроклимата в пододежном пространстве плотно прилегающих защитных изделий, таких как скафандр космонавта и костюм летчика, необходимо использовать дополнительную систему принудительной вентиляции, распределяющую вентиляционный поток по телу человека.

4. Обоснована необходимость разработки нового типа бельевого костюма для создания комфортного пододежного микроклимата в виде комбинезона из современных материалов с повышенными гигиеническими показателями и установленной на него системой принудительной вентиляции. Применение такого вентиляционного костюма позволит снять систему вентиляции с оболочки скафандра, что сделает сборку скафандра более технологичной и обеспечит возможность введения дополнительных регулировок длины рукавов и брючин.

ГЛАВА 2. ВЛИЯНИЕ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ НА УСТРОЙСТВО СИСТЕМЫ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНСТРУКЦИЮ СПЕЦОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЕТЧИКОВ И КОСМОНАВТОВ

Защита человека от перегревания – сложная задача, так как одновременно человека необходимо защищать от притока тепла извне и обеспечить отдачу тепла, образующегося в организме [1]. В ряде случаев добиться этого крайне трудно. Речь идет о скафандрах космонавта, летчика, одежде для химзащиты, защитных костюмах ликвидаторов радиационных заражений и т.д.

В первую очередь, для создания комфортного микроклимата в такую одежду необходимо вводить систему искусственной вентиляции пододежного пространства, т.к. естественная вентиляция в этих изделиях практически отсутствует. Но для правильного проектирования устройства и мощности системы вентиляции необходимо знать и учитывать все параметры теплообмена человека. Также необходим полный анализ условий, в которых будет эксплуатироваться проектируемая спецодежда, поскольку эти условия накладывают свои особенности на конструкцию системы вентиляции и на тепловое состояние человека [24]. Поэтому данная глава посвящена всестороннему изучению системы "человек - одежда - окружающая среда" для герметичной спецодежды с целью создания изделий с оптимальными эксплуатационными свойствами для заданных рабочих условий. Влияние рабочей среды рассматривается на примере летчиков самолетов-истребителей и космонавтов, т.к. люди данных профессий подвергаются самым серьезным воздействиям окружающей рабочей среды, что сильно влияет на их самочувствие и процессы жизнедеятельности. Поэтому специальное снаряжение, а именно разрабатываемый нами вентиляционный костюм (ВК), спроектированный для условий, в которых работают специалисты указанных профессии, можно будет применять в любой другой спецодежде, где это требуется.

2.1 Анализ факторов, определяющих физиологическое состояние человека в герметичной спецодежде и в кабине летательного аппарата

Человеческий организм представляет собой термостатированную систему с внутренним источником тепла, в которой при нормальных условиях количество вырабатываемого тепла – теплопродукция – соответствует количеству тепла, отдаваемому во внешнюю среду – теплоотдаче [1].

Температура тела человека устанавливается в результате взаимодействия процессов выработки тепла и отдачи в окружающую среду. При изменении соотношения между величинами теплопродукции и отдачи тепла происходят колебания температуры тела человека. Постоянство температуры тела достигается благодаря регулированию интенсивности теплопродукции и теплоотдачи в зависимости от внешних условий – этот процесс называется терморегуляцией [25].

Для определения оптимальных параметров системы вентиляции ВК, мощности воздушных потоков и их распределение по телу человека необходимо детально изучить процессы теплообмена человека в условиях рабочего пространства, а именно, как герметичная одежда и факторы авиакосмической среды влияют на физиологию человека. Для этого в работе изучены процессы теплообмена человека как в обычных условиях, так и в условиях заданной рабочей среды при нахождении в герметичной спецодежде.

2.1.1 Анализ теплообмена человека

С точки зрения теплофизики организм человека можно рассматривать как термостабильную систему, в которой механизм терморегуляции автоматически поддерживает равновесие между теплообразованием и теплоотдачей [26]. При увеличении выработки тепла в организме или в случае нагревания организма внешним источником температуры механизм терморегуляции увеличивает теплоотдачу организма. В случае действия на организм человека низкой температуры,

способной вызвать охлаждение тела, механизм терморегуляции вызывает рост теплопродукции и уменьшение теплоотдачи.

Теплопродукция человека определяется в зависимости от выполняемых им видов работ, причем она различается в зависимости от возраста, как для мужчин, так и для женщин (Приложение А Таблица А1).

В зависимости от физической активности человека образуемая им энергия может расходоваться либо на процессы теплоотдачи, либо дополнительно на механическую работу. Теплоотдача из организма человека осуществляется в основном через кожу (83%) [26, 27] и слизистые оболочки, а регулируется за счет изменения циркуляции крови и изменения интенсивности потоотделения.

В состоянии покоя в зависимости от вида отдачи тепла организмом (при температуре среды около 20 °С) теплоотдача распределяется следующим образом:

1) Излучение (радиация)	43,74%
2) Конвекция	31,0%
3) Испарение	21,71%
4) Нагревание потребляемой пищи	1,55%
5) Нагревание воздуха в легких	1,30%
6) Потеря тепла с выделениями	0,70%

Соотношение каждого из выше перечисленных факторов в процессе теплоотдачи различно. Так, по данным Жаворонкова А.И. [26] при нормальных условиях в состоянии относительного покоя превалирует теплоотдача радиацией, но при температуре окружающей среды 34-35 °С теплоотдача радиацией равна нулю. При выполнении физической работы значительно возрастают потери конвекцией и испарением.

Рассмотрим более подробно передачу тепла, образующегося в организме человека, в окружающую среду.

Теплоотдача конвекцией

Потери тепла конвекцией осуществляются путем передачи тепла поверхностью тела или одежды человека движущемуся около него воздуху. Однако,

стоит заметить, что при высокой температуре окружающего воздуха, процесс может иметь обратное действие (тепло от воздуха передается телу человека).

Количество тепла, переданное организмом человека внешней среде конвекцией при свободном движении воздуха, определяется законом Ньютона-Рихмана [28]:

$$Q_k = \alpha_k (\theta - \theta_{cp}) S \quad (1),$$

где Q_k - количество тепла, переносимое конвекцией в единицу времени от тела человека к воздуху (или от воздуха к телу человека), Вт/час; α_k – коэффициент теплоотдачи конвекции, Вт/м² град; θ – температура кожи человека, °С; θ_{cp} – температура воздуха, °С; S – площадь поверхности теплообмена, м².

Общую площадь тела человека, S , в м², можно определить по формуле (2):

$$S = 0,00718 P^{0,425} \times H^{0,725} \quad (2),$$

где P – масса тела, кг; H – рост стоя, см.

Теплоотдача радиацией

Теплоотдача радиацией у тела человека может быть весьма значительной. В процессе теплоотдачи радиацией происходит непосредственная передача тепла в форме лучистой энергии с поверхности тела человека в окружающую среду, имеющую более низкую температуру. Но здесь также возможен и обратный процесс – поглощение лучистой энергии.

Для расчета тепла, передаваемого излучением от поверхности тела, можно также использовать законом Ньютона-Рихмана:

$$Q_p = \alpha_p (\theta - \theta_{cp}) S \quad (3),$$

где Q_p - количество тепла, передаваемое излучением в единицу времени от поверхности тела человека, Вт/час; α_p – коэффициент теплоотдачи радиацией, Вт/м² град; θ – температура кожи человека, °С; θ_{cp} – температура окружающих поверхностей одежды, °С; S – площадь поверхности теплообмена, м².

Площадь поверхности тела человека, участвующей в радиационном теплообмене S_t , м², определяют по формуле (4):

$$S_t = S \times f \quad (4),$$

где f – коэффициент поверхности тела, участвующей в радиационном теплообмене: $f = 0,77$ для положения стоя; $f = 0,7$ для положения сидя; $f = 0,65$ в рабочей позе в амортизационном кресле «Казбек» [32].

Для оценки радиационно-конвективных потерь с поверхности тела человека используют специальные датчики, определяющие величины потока тепла. При выполнении физической работы благодаря усилению подвижности воздуха вокруг тела человека тепловой поток увеличивается, изменяя свою топографию [26, 27].

Теплопередача испарением пота и дыханием

В теплообмене человека с окружающей средой особо важную роль выполняет процесс теплоотдачи испарением.

В обычных условиях так называемого сухого охлаждения количество выделяемого пара с поверхности тела человека составляет от 40 до 70 грамм в час при температуре 20-26°C. Испарение с поверхности кожи и слизистых оболочек человека в условиях комфорта при нормальных условиях составляет 23-29% всей теплоотдачи, а в условиях высокой температуры при интенсивной мышечной деятельности организм вступает в область так называемого мокрого охлаждения, когда испарение пота является основным средством теплоотдачи.

Главным фактором, влияющим на интенсивность испарения пота, является относительная влажность окружающей среды. Количество тепла (Вт), отдаваемого с поверхности тела человека испарением пота ($Q_{\text{п}}$) может быть определено по формуле [26]:

$$Q_{\text{п}} = \alpha_b W S (P_k - P_b) \quad (5),$$

где α_b – коэффициент перехода тепла во внешнюю среду при испарении пота с поверхности тела, Вт/м; S – часть поверхности тела человека, покрытая потом, м²; W – коэффициент увлажнения кожи (при нормальных условиях равен 0,2; при работе в горячих цехах - 1,0); P_k – парциальное давление водяного пара в насыщенном воздухе над поверхностью кожи, Н/м²; P_b – парциальное давление водяного пара в окружающей внешней среде, Н/м².

Как видно из представленной выше формулы (5), количество испаряющегося пота зависит от величины поверхности тела, покрытого потом и от разности

парциальных давлений; эта разность лимитируется температурой и относительной влажностью воздуха. Величина P_k изменяется сравнительно мало, т.к. температура, которой определяется эта величина, в условиях комфорта изменяется в узких пределах. Величина P_b при колебаниях температуры и относительной влажности окружающего воздуха изменяется в значительных пределах.

Количество тепла, расходуемое организмом на испарение пота, также выражается величиной потери веса тела человека, которая зависит от температуры окружающей среды (Приложение А Таблица А2).

Расход тепла при дыхании

Тепло человека расходуется также при дыхании на нагревание вдыхаемого воздуха. Расход тепла зависит от количества вдыхаемого воздуха и его температуры, и может быть рассчитан по следующей формуле [26]:

$$Q_d = (t_1 - t_2) V c \gamma \quad (6),$$

где Q_d - количество тепла, расходуемое на обогрев вдыхаемого воздуха, Вт; t_1 - температура выдыхаемого воздуха, °С; t_2 - температура вдыхаемого воздуха, °С; V - объем вдыхаемого воздуха, приведенный к нормальному давлению, м³; c - удельная теплоемкость воздуха, Дж/К; γ - плотность воздуха на поверхности земли при 0°С (равна 1,293кг/м³).

Все рассмотренные параметры являются показателями элементов терморегуляции человека, которые в совокупности в нормальных условиях позволяют поддерживать стабильный гомеостаз человека. Однако, изделия специального назначения, как правило, эксплуатируются далеко в ненормальных условиях среды и дополнительно сами создают препятствия для нормального функционирования процесса терморегулирования человеческого организма [26, 27]. Поэтому рассмотрим особенности и проблематику процессов терморегулирования человека в одежде специального назначения летчиков и космонавтов, где применяется система искусственной вентиляции пододежного пространства, а также внешние факторы влияющие на тепловое состояние оператора.

2.1.2 Особенности теплообмена человека в герметичной одежде при воздействии факторов рабочей среды авиакосмической отрасли

Многочисленные отечественные и иностранные литературные источники указывают на трудность обеспечения надежной защиты летного контингента от теплового стресса, т.к. защита летчика от высокой температуры окружающей среды должна быть основана на одновременном использовании трех принципов[29]:

- увеличение теплоизоляционных свойств одежды;
- вентиляция пододежного пространства кондиционированным газом;
- отражение инфракрасного излучения.

Такая защита необходима для сохранения нормального функционального состояния и работоспособности летчика. Нормальное функционирование систем организма, по данным Ажаева А.Н. [30], осуществляется при температуре окружающей среды (T_{oc}) до 25 °С, относительной влажности 60 ÷ 85 % и скорости движения воздуха до 3 м/с. При повышении T_{oc} до 27 ÷ 31 °С число ошибок в процессе работы с азбукой Морзе увеличивается на 50%, а при $T_{oc} = 36$ °С их становится больше в 6 раз. При $T_{oc} = 35$ °С насыщение артериальной крови кислородом снижается на 6 %, а при $T_{oc} = 40$ °С на 10 – 12 %. При температуре воздуха 40 °С и относительной влажности воздуха 70 – 80 % темп умственной деятельности сокращается в 2 раза, резко падает сосредоточенность внимания, количество ошибок увеличивается в 5 – 10 раз, при дальнейшем повышении температуры возрастает усталость, нарушается координация движений.

При отсутствии вентиляции пододежного пространства и повышенной температуре у летчиков снижается точность визуального наблюдения за объектами, качество управления самолетом. Снижение качества профессиональной летной деятельности оператора приводит в отдельных случаях к ситуациям, которые рассматриваются как предпосылки к летным происшествиям. Такая же ситуация складывается при работе космонавтов в специальном снаряжении: при сравнительно небольшой нагрузке, равной 150 ккал/час, у человека с массой тела 70 кг,

находящегося в скафандре, температура тела за 1 час повысится более чем на 2°C , что ведет к снижению работоспособности [31]. Поэтому для успешного проектирования системы вентиляции необходимо оценить основные внешние факторы, дополнительно влияющие на тепловое состояние летчика/космонавта (в дальнейшем именуемого оператор) в кабине.

К основным факторам, оказывающим прямое влияние на тепловое состояние оператора, относятся:

- широкий диапазон возможных значений температуры окружающей среды (от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$) и тепловых потоков к телу человека на протяжении одного полета [25, 29]. Величина тепла вырабатываемого человеческим организмом в условиях полета может меняться от 80 до $200\text{Вт}/\text{м}^2$, а плотность тепловых потоков к телу может достигать $280\text{Вт}/\text{м}^2$, в то время как мощность теплосъема посредством современных систем вентиляции снаряжения обычно не превышает $140\text{Вт}/\text{м}^2$;
- значительный температурный перепад (до 15°C) по вертикали в кабине [31];
- инсоляция летательного аппарата (ЛА) (в кабину попадает до $2,5\text{кВт}$);
- выраженное эмоциональное напряжение оператора и переменная величина его физической активности, соответствующие энерготратам от 100 до 300 Вт [25];
- гиподинамия, вызванная размещением в катапультном кресле с привязной системой, которая дополнительно усиливается пребыванием в условиях пониженной гравитации/невесомости [32];
- конструктивные особенности летного снаряжения: из-за наличия герметичной оболочки теплоотдача радиацией значительно снижается, а конвекция происходит только во внутреннем объеме спецодежды. Соединение в некоторых видах полетного снаряжения функций высотного, водозащитного и теплозащитного костюмов дополнительно уменьшает теплоотдачу тела человека;
- повышенная перспирация из-за плотного контакта головы, спины и бедер с опорной поверхностью кресла. Значительная часть тела не может рассеи-

вать тепло и основным способом терморегуляции становится выделение пота. Напряженные полеты приводят не только к перегреву, но и к обезвоживанию организма – за двухчасовой полет летчик теряет от 0,7 до 2,3 % своей массы за счет испарения;

- пониженное атмосферное давление в условиях высокой температуры окружающей среды, что уменьшает теплоемкости воздуха, улучшая условия испарения, а, следовательно, приводит к увеличению перспирации. Теплоотдача испарением в условиях разреженной атмосферы может достигать до 85% от теплоотдачи тела. В подтверждение этого: перспирация человека на высотах 7÷10км в 1,2 – 1,5 раза больше, чем в наземных условиях [29];

- искусственная газовая среда, для которой характерна гипобария (пониженное давление газов в окружающей среде), а также колебания барометрического давления и парциального давления кислорода;

- приоритетность защитных функций снаряжения перед эргономическими характеристиками;

- загрязнение искусственной газовой среды гермообъема скафандра или летательного аппарата продуктами жизнедеятельности человека (летучими метаболитами). Согласно современным представлениям [33] человек, находящийся в условиях гермообъема является основным средообразующим фактором, особенно при длительных полетах;

- аэродинамический нагрев кабины ЛА вследствие увеличения скорости полета (с увеличением скорости полета с 0,6 до 1,3 М температура внутри кабины возрастает на 6 – 10 °С).

Сложность решаемой проблемы усугубляется также тем, что в зимнее и летнее время года еще до размещения пилота в кабине его тепловое состояние далеко от комфортного. К этому моменту оператор чаще всего либо переохлажден, либо перегрет. И даже после размещения оператора в кабине, вентиляция включается не сразу, поэтому практически до взлета тепловое состояние оператора продолжает ухудшаться. Например, наиболее высокая температура в кабине самолета наблюдается в летний период года перед взлетом и сразу после посадки – до

+55°C. Поэтому для нормальной эксплуатации одежды специального назначения необходимо иметь специальное оборудование: систему кондиционирования воздуха на борту самолета и наземные кондиционеры для вентиляции оператора во время нахождения в спецодежде на земле [2].

Также надо учитывать, что ряд параметров функционирования человеческого организма при нахождении в космосе несколько отличаются от «земных» [34] (Таблица 2). Активность космонавта в длительных полетах определяется среднесуточными энерготратами – до 2800 ккал/сутки без учета работы в скафандре. Скорость основного обмена веществ для космонавта (мужчины 20 ÷ 40 лет) составляет 39,5 ккал/ч на 1 м² поверхности тела, а влагопотери в воздух через испарения кожи и с выдыхаемым воздухом составляют 1500 см³/сут (в скафандре эта цифра достигает 2100 см³/сут) (Приложение А, таблица А3) [34].

Таблица 2 – Параметры теплообмена космонавта со средой в обитаемом отсеке

Наименование параметра	Диапазон измерений	Примечания
Выделение метаболического тепла человеком, ккал/сутки	1700 – 3600	
Средняя интенсивность теплоотдачи человека (испарение, потоотделение, конвекция, радиация), ккал/ч (Вт/ч)	70 – 90 (81 – 105)	Покой
	180 – 220 (209 – 256)	При малом объеме обитаемого отсека
	103 – 150 (120 – 314)	Легкая физическая нагрузка
	150 – 270 (174 – 314)	Работа средней тяжести
	250 – 450 (290 – 523)	Тяжелая работа
	260 ± 140 (302±163)	Работа в скафандре (внекорабельная деятельность)

Теплообмен человека в условиях космического полета или полета на самолете-истребителе по сравнению с обычными условиями сильно отличается. Как видно из приведенных данных, в условиях полета человек подвергается серьезно-

му влиянию внешних факторов, которые сильно увеличивают температуру окружающей среды, температуру тела человека, что вызывает значительно усиленное потоотделение. Теплоотдача человека во время комического полета на МКС даже в состоянии покоя 1,5 – 3 раза больше, чем в наземных условиях, а при нахождении в скафандре человек теряет до 2 л влаги через потоотделение.

Подобные физиологические процессы делают необходимым применение вентилирующего снаряжения для летчиков и космонавтов и определяют основные задачи такого снаряжения:

- 1) отвод от тела человека (из пододежного пространства) продуктов метаболизма: вырабатываемой теплопродукции, водяных паров и углекислого газа;
- 2) охлаждение тела человека до комфортной температуры, с целью предотвращения гипертермии, снижения перспирации, повышения концентрации внимания и работоспособности.

2.2 Определение оптимальных параметров пододежного микроклимата в герметичном снаряжении

Для среды обитания, создаваемой в летательных аппаратах, на космических кораблях и станциях, существуют общие медико-технические требования. Эти требования должны соблюдаться и при разработке замкнутого гермообъема снаряжения, чтобы обеспечить комфортное состояние летчику и космонавту.

В соответствии с действующим стандартом [35] тепловое состояние оператора ЛА на всех участках полета не должно выходить за пределы дискомфорта I степени («тепло»-«прохладно»), но это субъективная величина, поэтому для расчета оптимальных параметров вентиляции необходимы конкретные показатели «оптимального теплового» состояния оператора.

Оптимальное тепловое состояние характеризуется высоким уровнем показателей работоспособности человека (снижение выносливости к статическим и динамическим нагрузкам не более 20 %), средней температурой тела $36,5 \div 37,2^{\circ}\text{C}$

и частотой сердечных сокращений не более 75 уд./мин (для состояния покоя) [34]. При обеспечении этого состояния среда (микроклимат) не является фактором, ведущим к ограничению продолжительности работы.

Для обеспечения оптимального теплового состояния необходимо поддерживать массоэнергообмен организма со средой с учетом интенсивности энерготрат (теплоотдачи тела человека) при выполнении работ различной категории тяжести (Таблица 2).

В ряде случаев нарушение теплового комфорта оператора может быть связано с недостаточной мощностью индивидуальной системы вентиляции. Чтобы избежать этого при проектировании индивидуальной системы вентиляции нужно учитывать физиологические характеристики человека. При проектировании стандартной системы вентиляции можно пользоваться стандартными, усредненными характеристиками космонавта (Приложение А таблица А4).

К герметичной спецодежде предъявляются жесткие физиолого-гигиенические требования, поскольку она должна обеспечивать поддержание оптимального состояния человека в замкнутом гермообъеме. Такие требования предъявляются ко всему пододежному пространству спецодежды в целом; их анализ позволил нам выделить необходимые исходные данные для расчета и проектирования системы вентиляции ВК. Анализ требований к герметичным изделиям выполнялся на примере снаряжения космонавта, как наиболее сложного вида спецодежды.

2.2.1 Анализ требований, предъявляемых к герметичным изделиям специального назначения в зависимости от условий эксплуатации

В качестве индивидуального герметичного средства защиты космонавт применяет аварийно-спасательный скафандр (СК), используемый автономно или совместно с системами жизнеобеспечения корабля.

Согласно имеющимся источникам информации [12, 22, 36 - 38], СК совместно с системами жизнеобеспечения (СЖО) корабля должен обеспечивать необходимые физиолого-гигиенические условия для космонавта и гарантировать возможность выполнения им профессиональной деятельности, а именно:

- общее давление газовой смеси, подаваемой в зону дыхания космонавта в СК, должно быть не менее 40 кПа с парциальным давлением кислорода не менее 34 кПа и углекислого газа – не более 2,0 кПа. Допускается увеличение парциального давления углекислого газа до 2,67 кПа на время не более 2 ч, и до 4 кПа на время не более 30 мин суммарно;

- относительная влажность дыхательной газовой смеси должна быть в диапазоне от 25 до 80 % (при температуре 20 °С);

- температура дыхательной газовой смеси должна быть в диапазоне от 15 до 25 °С (допускается увеличение температуры до 30 °С на время не более 30 мин.);

- система терморегулирования (СТР) СК регенерационного типа должна обеспечивать нормальное тепловое состояние космонавта при работе с энерготратами 140 ÷ 175 Вт (120 ÷ 150 ккал/ч) с возможным повышением энерготрат до 290 Вт (250 ккал/ч) на время не более 0,5 ч.;

- уровень шумов внутри СК не должен превышать 75 – 76 дБ, при этом должно обеспечиваться качество радиосвязи по первому классу.

Для выполнения внекорабельной деятельности космонавту должны быть созданы условия, обеспечивающие его безопасность и поддержание заданного уровня жизнедеятельности во время его работы вне станции. Для этих целей служит скафандр для выхода в открытый космос (ВСК).

Параметры газовой среды скафандра, определяемые в зоне дыхания космонавта, должны находиться в пределах [9, 34, 38]:

- рабочее давление от 51,0 до 27,0 кПа ;
- парциальное давление кислорода не менее 20,7 кПа;
- парциальное давление углекислого газа не более 1,3 кПа;
- температура газовой смеси от 15 до 25 °С;

- относительная влажность от 30 % до 70 % при 20 °С;
- подача кислорода в подшлемном пространстве 40 ÷ 80 нл/ч;
- удаление углекислого газа в количестве до 65 нл/ч;
- теплосъем с тела космонавта при пиковых энергозатратах до 10 ккал/мин (с учетом тепла, поступающего через теплозащитную оболочку скафандра).

Проведенный анализ требований, предъявляемых к герметичному защитному снаряжению, позволяют выделить ряд основных исходных параметров для проектирования вентиляционного снаряжения, таких как парциальные давления газов в зоне дыхания, температура и влажность и температура подаваемого воздуха, скорость удаления углекислого газа из зоны дыхания, уровень шума от системы вентиляции и т.д. Полученные параметры также позволят определить, какой объем воздуха необходимо подать в скафандр для поддержания в нем оптимального теплового баланса тела человека.

2.2.2 Определение объема вентиляции скафандра

Потребная вентиляция скафандра космонавта выбирается, исходя из допустимой концентрации углекислого газа и паров воды в области дыхания и обеспечения температурного режима и влажности в оболочке СК.

По допустимой концентрации углекислоты определяют объем кислородно-воздушной смеси, которую необходимо подавать за 1 мин. в шлем безмасочного скафандра (т.е. при наличии неподвижного шлема с большим свободным объемом).

По физиолого-гигиеническим нормам, как уже говорилось выше, парциальное давление CO_2 во вдыхаемом воздухе допускается не более 15 мм рт. ст. (на любой высоте). Расчет потребной объемной вентиляции шлема производится по формуле (7) [11 – 13]:

$$\vartheta_{\text{вн}} = \frac{R_{\text{CO}_2} T}{p_{\text{CO}_2 \text{ доп}}} (q_{\text{п}} + q_{\text{и}}) \quad (7),$$

где $\vartheta_{\text{вн}}$ - потребная объемная вентиляция шлема в л/мин; $p_{\text{CO}_2 \text{ доп}}$ - допустимое парциальное давление CO_2 в мм рт. ст.; $q_{\text{п}}$ - весовое количество углекислоты в подаваемом газе, г/мин; $q_{\text{и}}$ - количество углекислоты, выделяемой человеком, г/мин; T - температура газа в шлеме в $^{\circ}\text{K}$.

В нашем случае, если $q_{\text{п}}=0$, то газовая постоянная для углекислоты $R_{\text{CO}_2} = 19,3 \text{ м}^{\circ}\text{C}$. Примем, что при умеренной работе один человек выделяет 0,6 нл/мин CO_2 . Удельный вес CO_2 при 0°C равен 1,977 г/л. Следовательно, потребная вентиляция, при которой парциальное давление CO_2 не будет превышать 12 мм рт. ст. составит 38,4 л/мин.

Эта величина (округленная до 40 л/мин) используется при расчете потребного расхода кислорода в безмасочном скафандре. Потребная вентиляция скафандра в зависимости от заданной относительной влажности воздуха определяется по формуле (8) [11 – 13]:

$$\vartheta_{\text{вс}} = \frac{G_{\text{H}_2\text{O}}}{\beta/100E - E_a} \text{ м}^3/\text{час}, \quad (8),$$

где $\vartheta_{\text{вс}}$ - потребная объемная вентиляция скафандра, л/мин; $G_{\text{H}_2\text{O}}$ - количество паров воды, выделяемых человеком, г/час; β - желательная относительная влажность, %; E - абсолютная влажность при насыщении воздуха при заданной температуре, г/м³; E_a - абсолютная влажность подаваемого в скафандр воздуха.

При умеренной работе и температуре порядка 20°C человек выделяет водяных паров около 80 г/час. Абсолютная влажность воздуха при 20°C составляет 17,8 г/м³. Абсолютная влажность сжатого атмосферного воздуха на высоте выше 7 км практически равна нулю. Для хорошего вымывания водяных паров из-под оболочки скафандра предлагается иметь относительную влажность порядка 30%. Подставив эти исходные данные в формулу (5), получим:

$$\vartheta_{\text{вс}} = \frac{80}{\frac{30}{100}17,8} = 15 \text{ м}^3/\text{час} = 204 \text{ л/мин}.$$

Количество потребляемого газа обычно измеряется в так называемых нормальных литрах (нл), приведенных к земным условиям при давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.) и 0°C . Для перехода от нормальных литров к «объемным» необ-

ходимо учитывать расширение газа, связанное с уменьшением плотности при изменении окружающего давления. Так, например, для обеспечения дыхания на высоте 5 км в шлем скафандра необходимо подавать 20 нл/мин, а на высоте 10 км – только 10 нл/мин [11, 12].

В технической литературе широко распространены данные, что для получения комфортных условий в скафандр вентиляционного типа следует подавать 150 – 250 нл воздуха в минуту [9, 11 – 13, 34 – 38]. При этом вентиляция служит также для поддержания постоянного давления в скафандре, равного 0,4 атм.

В ходе проведенных расчетов нами определено, что для обеспечения комфортного пододежного микроклимата объем вентиляционного потока должен составлять порядка 200 нл/мин. Это один из самых важных показателей, определяющий будет ли вентилирующее снаряжение справляться со своими функциями по отводу продуктов метаболизма и обеспечению комфортное самочувствие человека в герметичной одежде. От данного параметра зависит распределение воздушного потока по телу человека, т.к. не все участки тела нуждаются в одинаковом объеме вентиляции. Также он влияет на негативный показатель – сопротивление системы вентиляции (чем больше скорость воздушного потока, тем больше сопротивление системы).

2.3 Разработка требования к вентиляционному костюму

В связи со сложностью обеспечения в кабине ЛА нормальных микроклиматических условий возникает вопрос о совершенствовании индивидуальных средств терморегуляции летного снаряжения с использованием вентиляционных костюмов. В настоящее время систему принудительной вентиляции размещают либо на гермооболочке, которая является составляющей летного снаряжения, либо на отдельном вентилируемом костюме, который надевается между бельевым костюмом и верхним защитным снаряжением. Размещение системы вентиляции на внутренней поверхности гермооболочки затрудняет транспортирование водяных

паров от человека в окружающую среду. А использование отдельных вентиляционных костюмов увеличивает время экипировки, что в ряде случаев может привести к ситуации, угрожающей сохранности жизни оператора. Для устранения указанных недостатков мы предлагаем фиксировать систему вентиляции на бельевом костюме, что позволит приблизить вентиляционный поток вплотную к поверхности тела и тем самым увеличить теплообмен между ними, а также уменьшить теплотери в окружающую среду.

Темой разработки вентиляционных костюмов (ВК), наряду с системами вентиляции, в профильных научно-производственных институтах и предприятиях занимаются достаточно давно, но данный вопрос рассматривался только со стороны механики, пневматики и физиологии. Поэтому все разработанные ранее требования к ВК относятся преимущественно к пневматическим параметрам системы вентилирования и не затрагивают основу ВК – сам костюм. Но, несмотря на это, разработанные ранее требования необходимо знать и учитывать при проектировании нового изделия рассматриваемой группы, т.к. в соответствии с этими требованиями следует определять эргономические показатели ВК.

На основе анализа работ, выполненных ранее в области проектирования ВК, нами составлен сводный перечень требований, предъявляемых к вентиляционному костюму. Рассмотрим эти требования с точки зрения проектирования костюма, состоящего из швейной оболочки и системы принудительной вентиляции.

Требование 1: ВК не должен ограничивать свободу движения и дыхания космонавта, вызывать дискомфорт, быть причиной наминов и раздражения на коже; не должен препятствовать нормальному кровотоку и лимфообращению [39, 40]. *Вывод:* при проектировании конструкции костюма должны быть определены размеры динамических прибавок, связанные с особенностями положения тела операторов при работе в ЛА.

Требование 2: ВК должен обеспечивать равномерную и достаточную вентиляцию всего тела человека. *Вывод:* расположение вентиляционных трубок и метод их фиксации на костюме должны быть спроектированы таким образом,

чтобы при любом положении оператора на рабочем месте не происходило их пережатие.

Требование 3: ВК должен иметь не большое гидравлическое сопротивление всей системы в целом и сбалансированное гидравлическое сопротивление различных элементов системы, с тем чтобы обеспечить номинальный расход вентилирующего газа и его заданное распределение по поверхности тела [11] (данный параметр, как правило, регламентируется параметрами бортовой вентиляционной установки: так современные БВУ корабля «Союз» регламентируют гидравлическое сопротивление скафандра не более 90 мм вод. ст.). *Вывод:* требование относится только к системе принудительной вентиляции.

Требование 4: ВК должен поддерживать в зоне дыхания парциальное давление CO_2 на уровне, не превышающем ПДК, и необходимую концентрацию O_2 (согласно оговоренным выше требованиям). *Вывод:* требование относится только к системе принудительной вентиляции.

Требование 5: ВК должен обеспечивать достаточный по объему и «мягкий» по ощущениям обдув лица, равномерный с обеих сторон, при отсутствии локальных струй и раздражения слизистой глаз в рабочей зоне обзора. *Вывод:* требование относится только к системе принудительной вентиляции.

Требование 6: ВК не должен оказывать отрицательного влияния на работу слухового анализатора оператора (шум от потока вентиляции головы не должен превышать 80 дБ и находиться на определенных частотах, чтобы не создавать помех в радиосвязи) [34]. *Вывод:* требование относится только к системе принудительной вентиляции.

Требование 7: при вентиляции кистей рук вентиляционные разъемы (патрубки) не должны затруднять надевание перчаток, ограничивать сгибание кисти, а также упираться открытым концом в гермооболочку или тело человека, тем самым уменьшая приток вентилирующего воздуха. *Вывод:* требуется разработка специальной манжеты рукава для надежной фиксации элемента системы принудительной вентиляции костюма.

Требование 8: ВК должен быть удобен в эксплуатации, легко надеваться и сниматься, т.к. общее время самостоятельного одевания скафандра в условиях невесомости должно составлять не более 5 мин, время снятия скафандра – не более 3 мин. [37], а введение в состав скафандра дополнительного изделия – вентиляционного костюма не должно увеличить это время. *Вывод:* при разработке конструкции и технологии изготовления следует уделить особое внимание застежке ВК, предпочтительнее использовать тесьму-молнию.

Требование 9: ВК эксплуатируется внутри скафандра, внешними воздействующими факторами для него является внутренняя среда скафандра, поэтому он должен быть устойчив к воздействию следующих факторов [39]:

- а) газовая среда – кислород до 100 %
- б) влажность до 95 % (раствор пота);
- в) трение о внутреннюю поверхность скафандра.

Вывод: указанные факторы внешней среды следует учитывать при выборе текстильного материала для изготовления ВК.

Требование 10: учитывая длительность подготовки снаряжения для космонавта, график полетов (экипаж готовый к полету, сначала назначается дублирующим составом и только через полгода становится основным) и длительность пребывания экипажа на МКС, срок хранения ВК должен быть не менее 5 лет. *Вывод:* при выборе текстильного материала для изготовления ВК следует учитывать его долговечность.

Требование 11: конструкция ВК должна сочетаться со скафандром, применяемым в комплекте снаряжением (медицинским поясом, ассенизационно-санитарным устройством (АСУ) и т.д.), а так же с ложементом амортизационного кресла [39]. *Вывод:* при разработке конструкции ВК и определении мест размещения элементов системы вентиляции необходимо учитывать параметры снаряжения, надеваемого поверх ВК.

Требование 12: Вентиляционный костюм для космонавта, уложенный в транспортную тару, в качестве полезного груза в бытовом или грузовом отсеках кораблей «Союз» или «Прогресс» будет поставляться на МКС, поэтому он дол-

жен сохранять механическую целостность и свои физико-механические показатели при воздействии:

- температур в диапазоне от минус 50 до + 50 °С;
- относительной влажности в диапазоне от 20 до 85 % с возможным повышением до 95 % на время не более трех часов в сутки;
- давления в диапазоне от 450 до 970 мм рт.ст.;
- вибраций и перегрузок, значения которых указаны в приложении Б [39].

Составленный перечень требований, предъявляемых к ВК, будет учтен при разработке метода проектирования бельевого вентиляционного костюма

Поскольку предмет исследования – вентиляционный костюм – состоит из двух основных частей, бельевого комбинезона и системы вентиляции, то в конструкции бельевого комбинезона необходимо предусмотреть наличие функциональных элементов для установки элементов вентиляции. Поэтому мы предлагаем разрабатывать устройство системы вентиляции ранее, чем конструкцию самого костюма. Параметры системы принудительной вентиляции будут служить частью исходной информации для проектирования ВК.

Существующие системы принудительной вентиляции одежды, применяемые в ВК и скафандрах, имеют достаточно большой вес и не достаточно хорошо сочетаются с особенностями строения тела человека, но это допустимо, т.к. они применяются не в первом слое одежды. Однако в случае размещения системы вентиляции на белье, ее вес должен быть минимальным, чтобы не деформировать изделие. А также, в связи с размещением элементов системы в непосредственной близости от тела человека, их форма и местоположение должны быть максимально эргономичны, чтобы не вызывать дискомфорт и намины при эксплуатации.

2.4 Разработка эргономичной системы вентиляции пододежного пространства

При построении и экспериментальной отработке индивидуальных систем вентиляции вопрос о рациональном распределении потока теплоносителя по поверхности тела является наиболее важным и сложным, потому что именно от этого показателя зависит, не будут ли страдать отдельные части тела человека от перегрева или переохлаждения, но при этом данный параметр наиболее подвержен субъективной оценке.

2.4.1 Распределение вентиляционного потока в пододежном пространстве

Учитывая, что далеко не все поверхности тела летчика и космонавта могут быть использованы в качестве активных теплообменных зон, экспериментально выявлено [41], что у человека, находящегося в состоянии покоя или выполняющего легкую физическую работу, при остановке теплоотдачи радиацией или конвекцией на площади тела до 50% удается путем снижения температуры над другими участками тела обеспечить отвод всего тепла, вырабатываемого в организме, и при этом не возникает выраженных дискомфортных теплоощущений. Отвод тепла от поверхности торса непосредственно влияет на температуру внутренних органов, а холодовые воздействия на кожные покровы в области сердца, оказывают быстрое нормализующее влияние на самочувствие при перегреве организма. Но термочувствительность кожных покровов в области груди и спины значительно выше, следовательно, допустимый диапазон температурных перепадов значительно уже, чем на конечностях. А принимая во внимание необходимость выполнения человеком физической работы и в связи с неудобством расположения теплообменников в области дистальных отделов конечностей можно считать допустимым размещение теплообменников на поверхности туловища и бедер [42].

В то же время другие исследователи придерживаются противоположной точки зрения и считают необходимым усовершенствовать вентиляционный костюм таким образом, чтобы подаваемый в пододежное пространство воздух обеспечивал пропорциональный теплосъем со всех участков тела, в том числе с конечностей. Именно конечности являются самыми эффективными звеньями физической терморегуляции человека [43]. Следует также иметь в виду, что разница кожных температур на голове (лоб) и конечностях (палец ноги) может достигать 17 °С [44].

В соответствии с современными представлениями, распределение потока теплоносителя в защитном снаряжении должно строиться на одном из трех следующих принципов:

- 1) равномерное распределение вентиляционного потока на всех участках пододежного пространства [12];
- 2) распределение потока вентиляции должно быть пропорционально мышечной массе областей тела – основному источнику метаболического тепла [44];
- 3) распределение потока теплоносителя должно быть сориентировано на зоны наибольшей теплоотдачи, которые располагаются вне основных мышечных массивов [45].

Сравнительный анализ вышеуказанных принципов показал, что при проектировании спецодежды целесообразно отталкиваться от принципа ориентации на зоны-теплообменники организма. Согласно исследованиям Г.В.Бавро [46], зоны наибольшей теплоотдачи конвекцией, совпадают с зонами наиболее интенсивного потоотделения (Рисунок 14).

Но вместе с тем следует отметить, что ввиду ограничений мощности, накладываемых бортовыми системами вентиляции, конструкцией снаряжения и системой фиксации оператора на рабочем месте, ни один из указанных принципов не может быть полностью реализован в летном и космическом снаряжении.

Опыт эксплуатации летного снаряжения также внес свои существенные коррективы в указанные выше теоретические особенности построения вентиля-

рующего снаряжения. Пилоты крайне настороженно относятся к вентиляции спины и поясницы, опасаясь радикулитов, хотя в этих областях находится самая обширная и мощная теплообменная зона («ромбовидное поле»), на долю которой может приходиться до 40% теплоотдачи от общей испарительной способности тела. Расположение в области спины дополнительных упругих коллекторов или воздуховодов может привести, в случае аварийной посадки, к существенным травмам спины и позвоночника, что недопустимо. А мягкие коллекторы в этой области неэффективны, т.к. пережимаются при контакте спины с креслом.

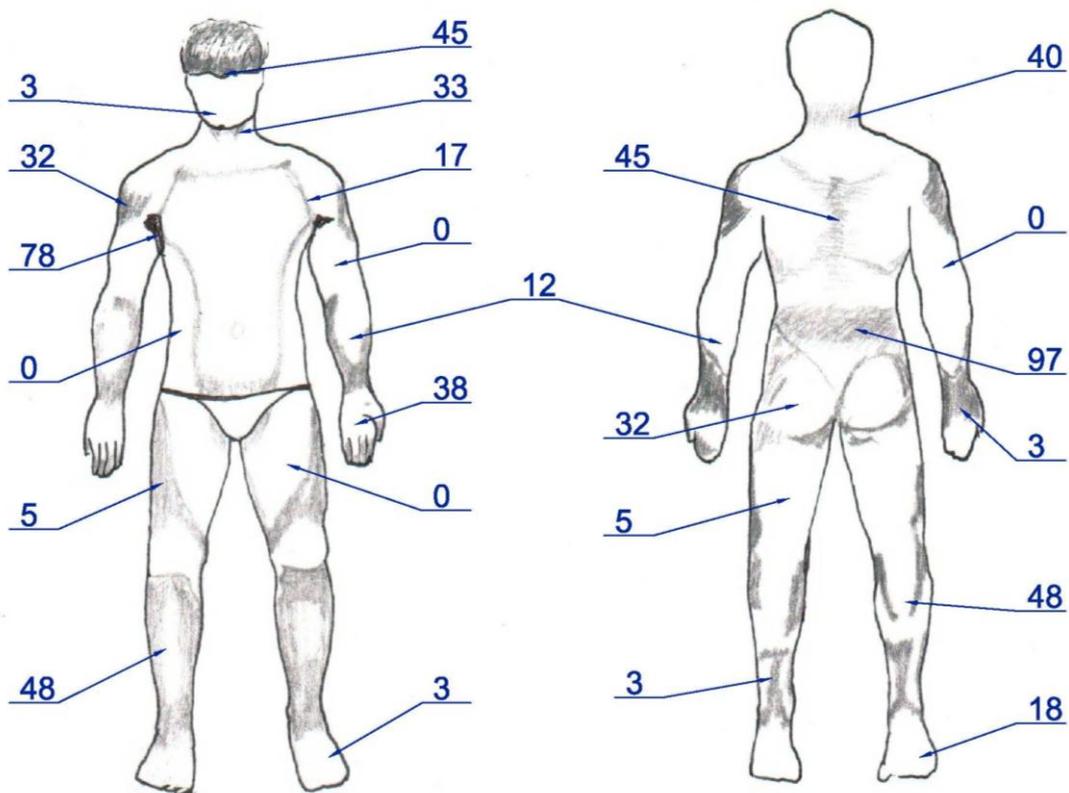


Рисунок 14 – Топография перспирационных зон и потовых полей (цифрами указана вероятность сильного потоотделения на участке тела в %)

При разработке вентилируемого снаряжения следует выбирать такую разводку вентиляционного потока, которая существенно ограничивает или намеренно исключает спину и поясницу из числа зон активного теплосъема.

Помимо этого пилотами и космонавтами выставляется дополнительное требование [47] – обязательная вентиляция кистей рук, т.к. в штатной позе оператора все тело зафиксировано и недвижимо, и основную работу выполняют руки.

Основываясь на всем выше сказанном, можно принять следующую схему распределения воздушного потока (при стандартном расходе воздуха в системе вентиляции – 150-200 л/мин):

- 1) в шлем - 30 - 35% (чтобы обеспечить необходимую подачу кислорода в зону дыхания);
- 2) в руки - 35 - 45% (т.к. этот участок тела наиболее нуждается в вентиляции)
- 3) в ноги - 25 - 30% (для обеспечения вентиляцией нижнюю часть туловища).

Корпус вентилируется возвратными потоками воздуха из конечностей, т.к. выходное отверстие системы вентиляции в СК располагается в районе живота.

Как уже говорилось выше, система вентиляции состоит из нескольких элементов: центрального (входного) коллектора, разводящей системы воздуховодов и конечных (выходных) коллекторов. Каждый элемент системы должен быть детально проработан. Поэтому, при проектировании и разработке системы, стоит рассматривать ее поэлементно, начиная с главного элемента – центрального подающего коллектора.

2.4.2 Центральный коллектор

Форма и месторасположение центрального коллектора зависит в первую очередь от выбранной схемы подачи и распределения вентиляционного потока. Их существует две:

- 1) Газовая смесь подается в головной коллектор, размещенный на шлеме (в области лба) и далее обдувая все тело, воздух выходит через воздуховоды рук и ног. Такая схема доступна в герметичных изделиях при отсутствии привязной системы и применяется сейчас в скафандрах для выхода в открытый космос типа «Орлан». При использовании такой схемы центральный коллектор не стоит переносить на ВК, т.к. это потребует применение капюшона (или другого дополни-

тельного головного убора). Лучше оставить его на шлеме – это удобней и надежней, т.к. нет риска случайно задеть коллектор и сдвинуть его. Эта схема более простая, и не требует тщательных расчетов распределения подаваемого воздуха по телу, но для негерметичной защитной одежды, сидячей рабочей позы и/или при наличии элементов, пережимающих одежду (например, привязной системы кресла) она не подходит, поскольку указанные факторы не позволят воздушному потоку обдувать все тело.

2) Газовая смесь подается в центральный коллектор, размещенный в районе талии, а далее распределяется по всему телу через систему воздухопроводов. Такая система применяется сейчас в аварийно-спасательных скафандрах типа «Сокол» и в вентиляционных костюмах летчиков ВВС [11 – 13].

Для первого варианта подачи газовой смеси уже существуют готовые решения центрального коллектора, которые зависят только от конфигурации шлема. Во втором случае готового, полностью удовлетворяющего всем требованиям, решения нет.

Центральный коллектор, как правило, представляет громоздкую металлическую деталь сложной конфигурации с выступающими кромками, которая крепится на плотном пакете защитной одежды. Перенести его на трикотажный бельевой комбинезон не возможно, поскольку деталь слишком тяжелая – трикотажное полотно не удержит ее на месте, а также она будет доставлять дискомфорт телу человека при размещении на белье.

При размещении системы вентиляции на бельевом комбинезоне основная задача – создать легкий коллектор, эргономичной формы, не ухудшив его функциональность, т.к. при применении второй схемы на ВК нужно разместить всю систему вентиляции. При этом коллектор должен не только отвечать описанным выше требованиям по сопротивлению, распределению потока и прочих системных параметров, но и обладать малым весом и эргономичной формой. Также важно правильно выбрать его местоположение, чтобы обеспечить одновременно удобство пребывания человека в снаряжении и сочетаемость ВК со следующим слоем комплекта одежды и разъемами подключения.

Местоположение коллектора напрямую зависит от условий эксплуатации ВК: наиболее технологичный вариант – расположить неметаллический, упругий коллектор продолговатой эргономической формы вдоль спины, что сделает удобным разводку вентиляции и позволит без дополнительных затрат сделать ее симметричной. Но данный вариант подходит не для всех условий эксплуатации. Например, при сложной рабочей позе, такой как у космонавтов в амортизационном кресле «Казбек» (поза «эмбриона»), при наличии ударных нагрузок на позвоночник при приземлении спускаемого аппарата, расположение дополнительных объектов под поясницей может быть опасным для жизни, поэтому для таких условий эксплуатации необходимо проработать другое место расположения центрального коллектора (ориентировочно в районе живота). От месторасположения будет зависеть и форма коллектора.

При выполнении практических исследований нами было рассмотрено два варианта месторасположения центрального коллектора:

- 1) на пояснице;
- 2) в районе живота.

Рассмотрим их конструкцию и возможную область применения подробно.

Поясничный центральный коллектор.

Поясничный коллектор должен быть достаточно тонкий, чтобы не создавать дискомфорт и неудобства при надевании следующего слоя одежды. Форма коллектора должна повторять контуры тела человека и позволять расположить его в районе поясничного лордоза позвоночника – для этого лучше использовать мягкую конструкцию, чтобы она могла подстроиться под индивидуальные особенности строения спины. Исходя из этого, разработан эскиз поясничного коллектора, представленный на рисунке 15.

Данный коллектор представляет собой продолговатую емкость из герметичного материала (ткань с прорезиненным покрытием), внутри которого специальный наполнитель, препятствующий пережатию коллектора. И основная проблематика данной конструкции – подобрать наполнитель коллектора и располо-

жить его таким образом, чтобы обеспечить беспрепятственную проходимость воздуха по коллектору во вторую половину системы без пережатия с минимальным сопротивлением.

При разработке конфигурации коллектора было проработано и апробировано несколько вариантов конструкции наполнителя – Приложение В.

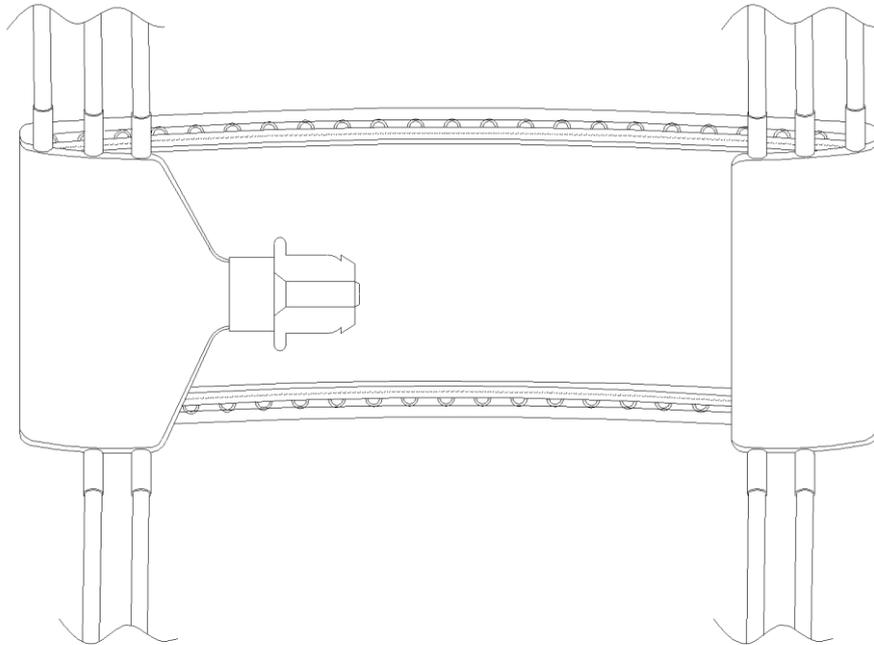


Рисунок 15 – Поясничный центральный коллектор

В итоге проделанной работы, для выполнения указанной задачи, был разработан вариант коллектора со сплошными направляющими из пенорезины (Рисунок 16), помимо этого центральный воздушный канал внутри коллектора был усилен тонкой металлической каркасирующей спиралью прямоугольного сечения (повторяющего форму воздуховода).

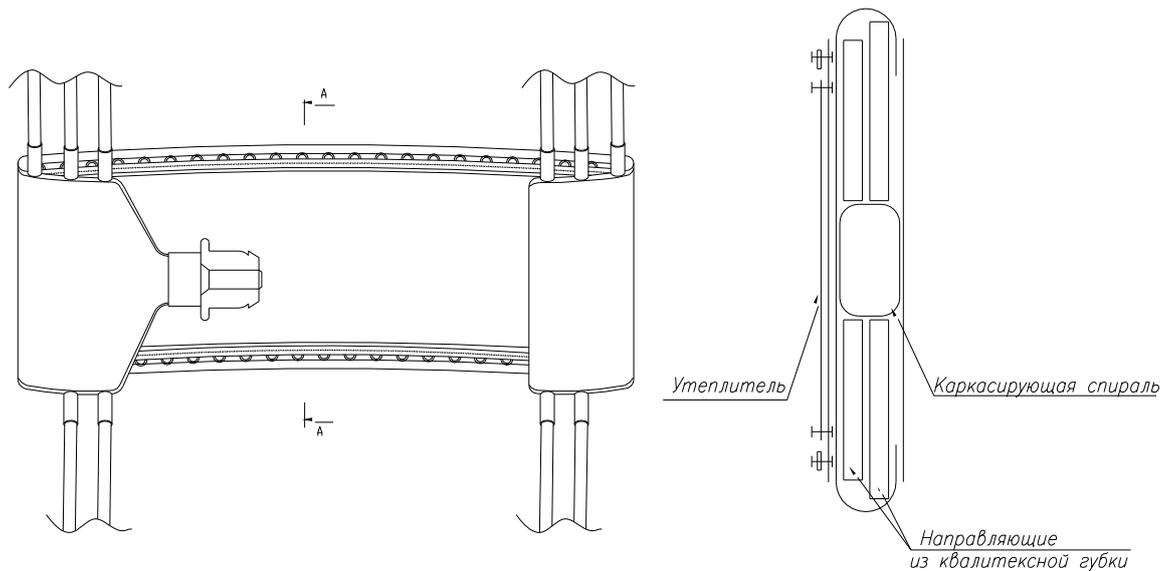


Рисунок 16 – Поясничный коллектор со сплошными направляющими

При испытаниях данной конструкции в составе вентиляционного костюма сопротивление системы потоку воздуха 150 л/мин составило около 42 мм вод.ст.; при расположении испытателя в кресле подача воздуха во вторую половину коллектора не уменьшилась [48]. С учетом того, что по коллектору проходит холодный воздух, он может чрезмерно охлаждать поясницу, что в свою очередь может привести к заболеваниям спины. Во избежание этого, поверхность коллектора, прилегающая к спине, утеплена дополнительной теплоизолирующей накладкой.

Описанная конструкция апробирована в составе космических аварийно-спасательного скафандра и амортизационного кресла. При апробации было задействовано 5 испытателей, двое из них высказывали замечания, что чувствуют коллектор и он доставляет им некий дискомфорт, также у одного испытателя оставались намины после 2-х часовой «отсидки» в штатных условиях с новым коллектором. Поэтому от концепции расположения центрального коллектора под поясницей для аварийно-спасательных скафандров было решено отказаться.

Но данный вариант коллектора может использоваться в вентиляционных костюмах для военного защитного снаряжения, снаряжения МЧС и аналогичного им: в комплекте спецодежды, в которой человек большую часть времени находится на ногах и его деятельность связана с передвижением и высокой активностью. Так как коллектор располагается сзади, воздухопроводы от него идут по кратчайше-

му пути в руки и ноги, поэтому спереди воздуховоды и другие элементы системы вентиляции не будут создавать помех и дискомфорта. А также подобная конструкция позволяет переместить разъем подключения вентиляции, при производстве коллектора, в любое другое место по периметру коллектора, для удобства подключения портативной системы вентилирования.

Фронтальный центральный коллектор

Вторым наиболее приемлемым вариантом является расположение центрального коллектора на талии в районе живота. Но немаловажно выбрать его точное месторасположение, т.к. на спецодежде, как правило, располагается ряд приборов и узлов большой толщины, которые могут создавать давление на тело, поэтому нельзя допускать, чтобы коллектор совпадал по месторасположению с одним из них. При этом конструкция должна иметь эргономичную форму и быть достаточно легкой, для размещения на белье. Форма коллектора должна быть обтекаема, без острых углов и выступов, для повторения формы тела человека немного изогнута по длине.

При размещении коллектора на животе есть возможность сделать его жестким, при соблюдении эргономичной формы. Поэтому для его изготовления подходит любой современный пластик, имеющий положительное санитарно-эпидемиологическое заключение.

С учетом описанных выше требований, габариты коллектора должны быть минимальными (насколько это возможно). Но при этом, на нем должно быть необходимое количество выходов для воздуховодов: как минимум два воздуховода в голову и в каждую руку и ногу (основной и резервный, на случай выхода из строя первого) - итого 10 выходов. Исходя из этого, целесообразно сделать коллектор продолговатой формой.

Конфигурация выходных отверстий должна быть сочетаема с применяемыми воздуховодами. Поскольку вариант центрального коллектора проектируется для самых жестких условий эксплуатации, целесообразно заложить в конструкцию шланговую систему вентиляции с упругими трубками круглого сече-

ния. Такие трубки могут вызвать дискомфорт за счет своей жесткости, но при этом они, с наибольшей вероятностью, гарантируют равномерное прохождение воздуха от центрального коллектора до конечной точки, т.к. круглое сечение наиболее устойчиво к пережатию и заломам при искривлении воздуховода.

Для минимизации неприятных ощущений от воздуховодов, необходимо правильно подобрать диаметр трубок. Причем нужно учитывать как внутренний диаметр, т.к. это проходное отверстие для воздуха; так и толщину стенки, т.к. от нее зависит упругость и наружный диаметр трубки.

Основываясь на имеющемся в этой области опыте [2, 9 – 13, 22, 34 – 38], было установлено, что диаметр выходного отверстия коллектора должен быть порядка 6 – 10 мм, т.к. меньший диаметр создаст слишком большого сопротивления в коллекторе, а больший приведет к увеличению толщины самого коллектора и применению трубок–воздуховодов большого диаметра, которые вызовут дискомфорт на теле человека. Определив диаметр выходных отверстий, получим толщину коллектора, прибавив толщину стенок коллектора – $1 \div 3$ мм.

При проектировании коллектора необходимо обеспечить равномерный выход воздуха из всех отверстий (каналов), а так же обеспечить минимальное сопротивление детали. Поскольку разрабатываемый коллектор является жестким, его можно не только спроектировать с помощью программного обеспечения в трехмерной среде, а также просчитать и смоделировать движение воздушного потока в нем. Для этих целей были использованы программы SolidWorks (для построения модели) и Autodesk Simulation CFD 2013 (для моделирования поведения воздушных потоков в детали). С помощью данного программного обеспечения было смоделировано и просчитано порядка 30 разных конфигураций центрального поясного коллектора (Приложение Г). И в результате проделанной работы была выявлена наиболее подходящая форма коллектора (Рисунок 17).

Разработанный коллектор имеет расчетное сопротивление 15 мм.вод.ст. (при объеме подаваемого воздуха 200 л/мин), распределение воздушного потока по воздуховодам соответствует принятой ранее схеме необходимого распределе-

ния (см. раздел 2.4.1): в голову поступает 35% подаваемого воздуха – 70 л/мин, в руки 40% – 80 л/мин, в ноги 25% – 50 л/мин.

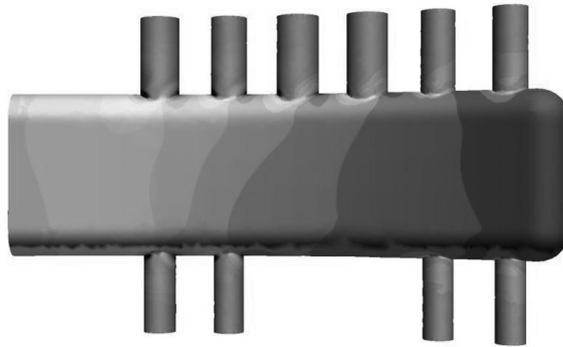


Рисунок 17 – Разработанный центральный коллектор

Разработанный центральный коллектор удовлетворяет всем предъявляемым к нему требованиям, и может использоваться в вентиляционных костюмах различных комплектов спецодежды. Но наиболее предпочтительно его применение для снаряжения предназначенного для сидячей деятельности: снаряжение летчиков, космонавтов, водителей наземной спецтехники, так как при высокой двигательной активности фронтальный коллектор и все выходящие из него воздуховоды, проходящие по торсу человека, могут вызвать некий дискомфорт и скованность движений.

Получив оптимальную конструкцию центрального коллектора, переходим к следующему элементу системы вентиляции – разводящим воздуховодам, в качестве которых будут использоваться вентиляционные трубки. Отверстия самого коллектора за счет разностей диаметра будут исполнять роль дюзов, поэтому для воздуховодов можно применять трубки одного диаметра, что также повысит технологичность изделия.

2.4.3 Воздуховоды

При разработке системы вентиляции важную роль играет схема разводки системы воздуховодов, сами воздуховоды и их месторасположение. От этого зависит эргономичность системы и гарантия того, что воздуховоды не будут пережаты. В общем виде разводка вентиляции представлена на рисунке 18.

Как было сказано выше, проектируемая система вентиляции будет состоять из 10 воздуховодов, расходящихся в 5 направлениях – каждый воздуховод дублируется, т.е. фактически идет сдвоенным.

Поскольку местоположение центрального коллектора определено в области живота, для упрощения моделирования разводки воздуховодов примем условно, что он расположен в области пупка. Далее система вентиляции будет разводиться зеркально на левую и правую половину туловища.

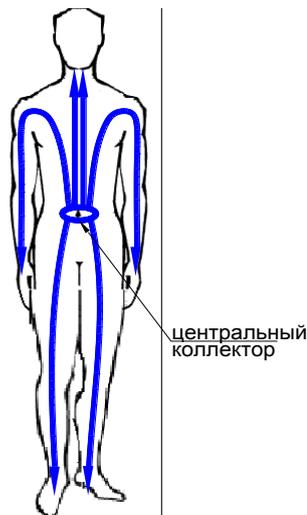


Рисунок 18 – Общий вид разводки системы вентиляции

Вентиляция ног

Воздуховоды ног идут до стопы, причем заканчиваться они должны рассеивающим коллектором, который обеспечит равномерную вентиляцию всей поверхности стопы. Без него концы трубок могут упереться в оболочку скафандра (в подошву), тем самым перекрыв поток воздуха. В скафандре для данной цели ис-

пользуется упругая вентиляционная стелька, размещаемая на оболочке скафандра, в полости которой проходят воздушные каналы с рядом отверстий. Существует вариант вентиляции с помощью так называемых «вентиляционных носков (сапожков)», отдельно пристыковываемых к вентиляционному костюму [12, 22]. Но оба варианта достаточно громоздки, они не подходят для использования с бельевым комбинезоном, т.к. коллектор должен иметь небольшие габариты и малый вес.

В качестве рассеивающего коллектора для ВК нами разработана конструкция внешне напоминающая стремя (Рисунок 19), выполненная из высокообъемного упругого текстильного материала (материал «Богатырь»), в теле которого имеются воздушные полости. Но как показали испытания [49]– одних воздушных полостей материала недостаточно, т.к. коллектор дает очень большое гидравлическое сопротивление около 30 мм вод.ст. Для снижения сопротивления в нем необходимо делать воздушные каналы от места подстыковки трубок-воздуховодов до края деталей коллектора (Рисунок 19, б).

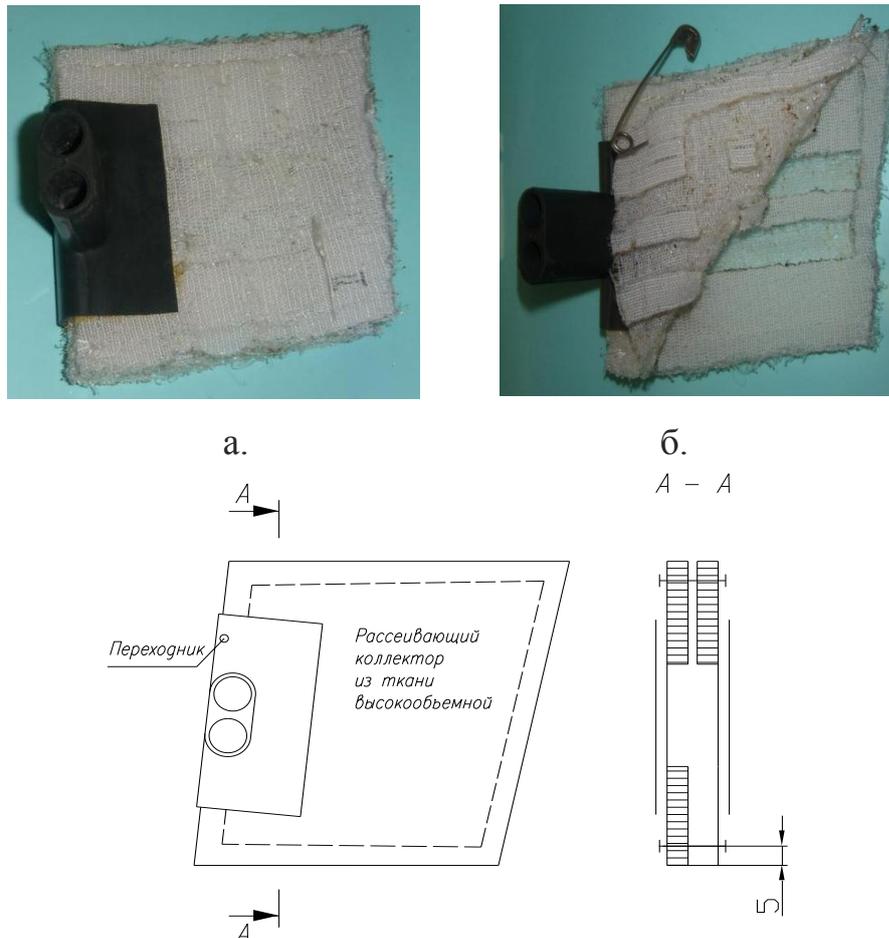


Рисунок 19 – Рассеивающий коллектор для вентиляции стопы

В изготовленном таким образом коллекторе сопротивление составляет не более 5 мм вод. ст., и, как показали проведенные физиологические испытания [50], данная конструкция коллектора удобна в эксплуатации (в том числе при ходьбе), не вызывает дискомфорта, и при размещении космонавта в амортизационном кресле (стопы располагаются на металлической подножке) коллектор не пережимается, вентиляция ног равномерная и достаточная.

С целью размещения и фиксации такого коллектора под стопой разработана специальная двойная манжета брючины (Рисунок 20), отличительной конструктивной особенностью которой является широкая цельнокроеная двойная штрипка, шириной соответствующая ширине рассеивающего коллектора.

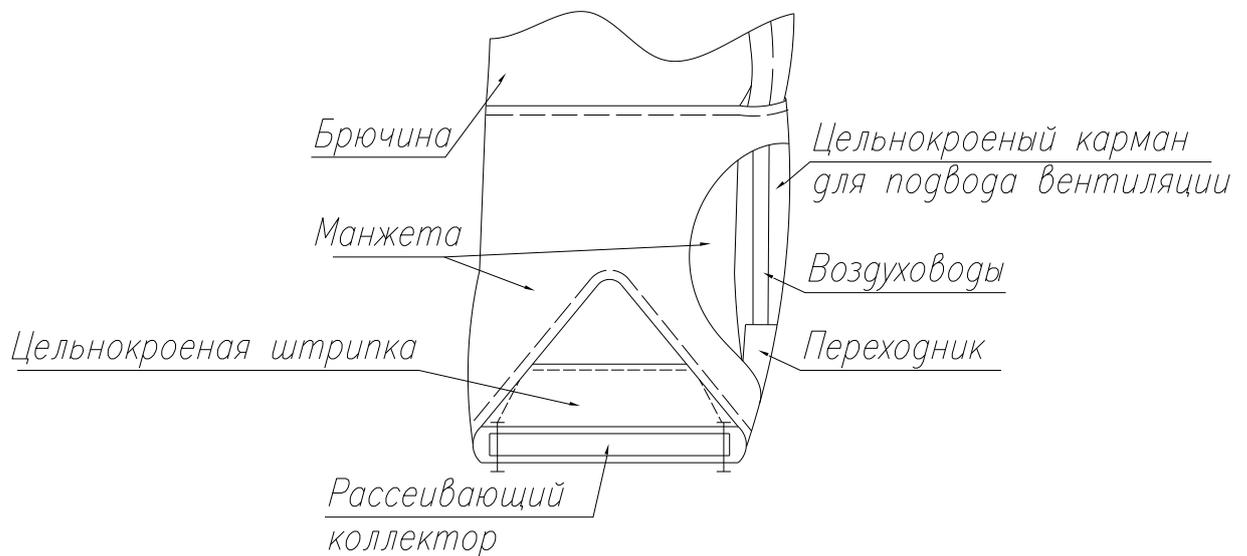


Рисунок 20 – Манжета брючины

Вентиляция рук.

Конечной точкой воздуховодов рук является запястье. Кисть самая подвижная часть тела, и продление воздуховодов дальше запястья, может создать препятствия в работе рукой. Специальных рассеивающих коллекторов не требуется, достаточно простой законцовки соединяющей две трубки вместе для удобства их фиксации в нужном месте. При этом, учитывая строение кисти, для лучшей циркуляции вентиляционного воздуха в перчатке, концы воздуховодов должны располагаться с ладонной стороны кисти (Рисунок 21) и быть жестко зафик-

сированы в этой точке, для того чтобы воздуховоды не переезжали и сохраняли направление воздушного потока.



Рисунок 21 – Место окончания воздуховодов руки

Самое простое решение поставленных задач - использовать очень тугую манжету, на которой будут фиксироваться воздуховоды. Но данный вариант нельзя назвать оптимальным, т.к. тугая манжета может быть причиной наминов, нарушения циркуляции крови, особенно учитывая увеличение объемов тела человека под избыточным давлением в герметичной одежде. Поэтому необходима такая манжета, фиксация которой будет осуществляться за счет кисти (в основном большого пальца). При выполнении работы нами было проработано несколько вариантов подобных манжет (Рисунок 22).

Первый вариант имеет короткую притачную штрипку (Рисунок 22, а); второй вариант – с цельнокроеной штрипкой и имеет стачной шов по краю и между пальцами (Рисунок 22, в); третий вариант полностью цельнокроен и представляет собой удлиненную манжету, длиной до середины ладони, с отверстием под большой палец, обработанным на краеобметочной машине (Рисунок 22, б).

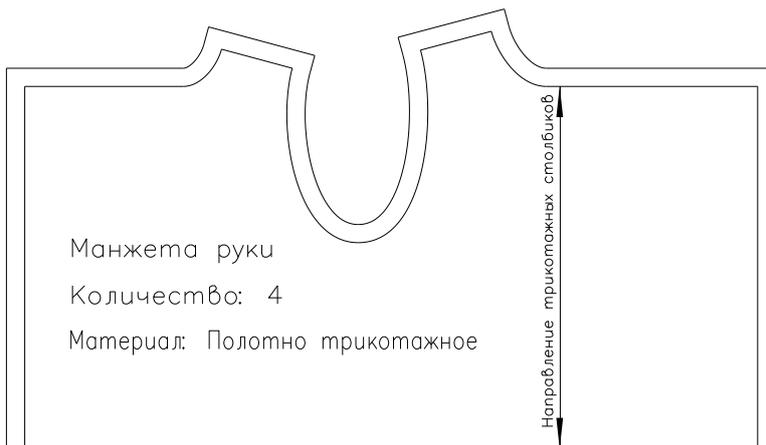
Проведенная экспертная носка показала, что первый вариант не обеспечивает полной фиксации вентиляционных трубок в нужной точке. Вторым вариантом, по сравнению с третьим, более сложен технологически и конструктивно, а также, менее удобен в эксплуатации из-за шва по верхнему срезу и между пальцами. А

так как второй и третий варианты обеспечивают одинаково хорошую фиксацию воздуховодов, то предпочтение отдано цельнокроеному варианту.



а.

б.



в.

Рисунок 22 – Различные варианты манжеты рукава

Вентиляция головы

При размещении системы вентиляции на защитном снаряжении вентиляция головы, как правило, осуществляется через коллектор расположенный в верхней части шлема, и вентиляционный поток идет ото лба вниз. Но размещение коллектора головы в области лба на ВК, как уже говорилось выше, проблематично: нужен капюшон, при этом коллектор достаточно объемный и будет мешать одеванию и использованию средств индивидуальной защиты головы. Помимо

этого его трудно жестко закрепить в одном месте т.к. эластичный трикотаж может смещаться, тем самым изменяя направление потока вентиляции. Учитывая сказанное целесообразнее установить рассеивающие коллекторы в районе ключицы и направить воздушный поток на остекление шлема, откуда он уже будет рассеиваться на лицо.

При таком размещении коллектора важным моментом является выбор оптимального угла, под которым воздушный поток будет поступать на остекление, т.к. от этого зависит как поток будет обдувать лицо. Важно чтобы он не шел струйно в глаза, а достаточно мягко обдувал область носа. При проектировании рассеивающего коллектора головы необходимо учитывать уровень шума и диапазон частот (в Гц) этого шума, чтобы не создавать дополнительные помехи для связи. Учитывая, что коллектор должен иметь минимально возможные вес и габариты, его можно изготовить из той же трубки, что и воздуховоды.

С учетом всех описанных требований были изготовлены два коллектора принципиально отличной формы – Т-образный и зигзагообразный (Рисунок 23).

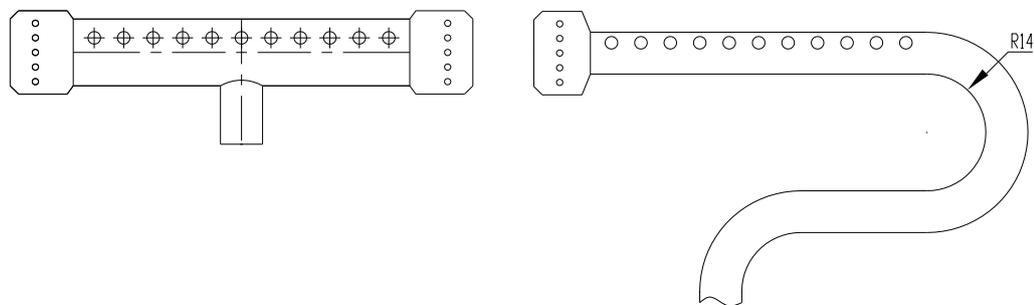


Рисунок 23 – Коллектор головы (два варианта)

Но Т-образный коллектор имеет значительно большее сопротивление, чем зигзагообразный, что объясняется тем, что в Т-образном коллекторе поток воздуха из воздуховода сначала сталкивается с «препятствием» (противоположной стенкой) и только затем расходится по коллектору, чего не происходит в зигзагообразном коллекторе.

В процессе апробации и эксплуатации выбранный зигзагообразный коллектор был преобразован в Г-образный коллектор (Рисунок 24), т.к. это упрощает его изготовление и установку, не ухудшая эксплуатационных характеристик.

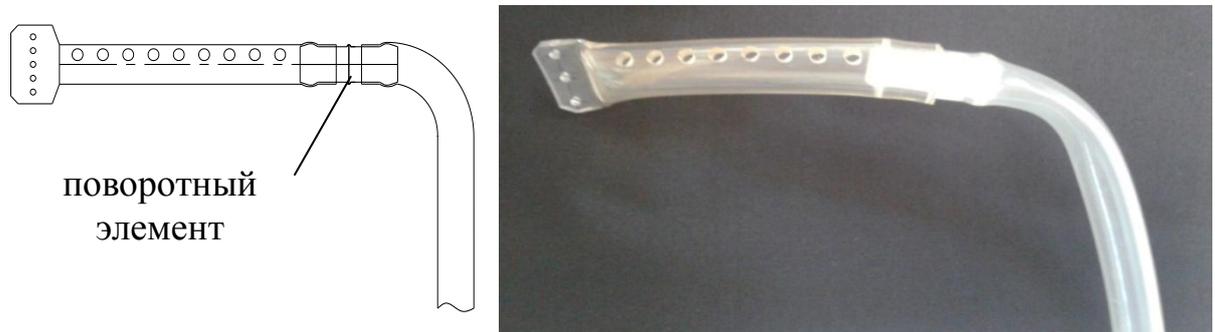


Рисунок 24 – Г-образный коллектор головы

Следующий этап разработки заключался в определении угла под которым будут располагаться отверстия в теле коллектора. Для этого проведены физиологические испытания, которые показали, что угол должен составлять $\sim 60^\circ$ [51]. Он не абсолютно одинаков для всех людей, а зависит от длины шеи и высоты головы человека. В связи с этим было принято решение дооснастить коллектор поворотным элементом, что позволит изменять угол подачи вентиляционного потока по замечанию человека.

Любая система вентиляции генерирует шум, уровень которого зависит от скорости потока воздуха и от конструкции вентиляционного коллектора головы. Для минимизации шума важно правильно спроектировать диаметр выходных отверстий коллектора. Для этих целей также было проработано несколько вариантов, проведены натурные испытания [52] в результате которых было определено, что оптимальный диаметр выходных отверстий головного коллектора 4,5 мм. По результатам испытаний, полученные показатели шума приемлемы для работы человека [53], поэтому разработанная конструкция вентиляционного коллектора головы пригодна для использования в составе вентиляционного костюма.

После того как все элементы вентиляционной системы разработаны, необходимо составить схему разводки системы вентиляции по телу человека, т.е. определить места расположения вышеописанных элементов системы вентиляции.

2.4.4 Разводка системы вентиляции

Разрабатывая схему разводки системы вентиляции по телу человека и оценивая ее эргономичность, необходимо исходить из данных о строении и подвижности тела человека, т.е. использовать основные понятия, систему координат и принципы движения, принятые в биомеханике.

Биомеханика – раздел биофизики, изучающий, в частности, движения человека. Исходя из анатомии, физиологии и теоретической механики, биомеханика исследует структуру органов движения, строение суставов, закономерности движения отдельных звеньев и тела в целом, определяет характер, величину и направление действующих сил. Там, где речь идет об устройствах связанных с движениями человека, биомеханика является непосредственным связующим звеном между техникой и физиологией.

Рассматривая подвижность суставов, особенно конечностей человеческого тела, стоит учитывать, что на их подвижность и свободу движения очень большое влияние оказывает «подвижность» одежды, защитного снаряжения, например, скафандр в силу сложности своей оболочки и наличия привязной системы, особенно под избыточным давлением, сильно ограничивает подвижность человеческого тела.

В идеале защитное снаряжение, точно так же, как и другие виды одежды, должно хорошо сидеть на человеке, быть удобным в носке, не стеснять движения. Но в реальности добиться такого, особенно для герметичного снаряжения, практически невозможно, в связи с особенностями поведения оболочки под избыточным давлением [54].

Поэтому не маловажно найти правильное месторасположение для гибких воздухопроводов, особенно идущих в руки и ноги, так чтобы они не пережимались и не создавали дополнительного дискомфорта при движении человека и размещении его на рабочем месте. Также необходимо учесть, что воздухопроводы имеют достаточно упругую и не растягивающуюся структуру, поэтому при размещении их на растягивающемся трикотажном комбинезоне по рукавам и брючинам при сги-

бании суставов (колен и локтей) воздуховоды не должны мешать этим движениям. При проектировании длины рукава нужно учитывать, что воздуховоды не тянутся в отличие от материала рукава.

Для удовлетворения всех указанных требований воздуховоды необходимо разместить на комбинезоне по, так называемым, «линиям неизменной длины» [55 – 59].

Поскольку при совершении различного рода движений тело человека не испытывает остаточных деформаций и не теряет своей формы, предположим, что тело человека (в частности ткани – кожа и мышцы) подчиняются физическим законам упругости. Деформации в упругом теле описываются эллипсоидом напряжения, т.е. малые сферические объекты при упругих деформациях тела принимают форму, близкую к эллипсоиду. Соответственно, если на поверхность тела до приложения нагрузок, нанести окружности малого диаметра, при деформации они превращаются в эллипсы. И в каждом таком эллипсе существует два диаметра, равных диаметру исходного круга, т.е. линии не испытывающие деформации растяжения или сжатия. Соединяя последовательно указанные диаметры, можно получить на поверхности тела линии, вдоль которых не происходит растяжение или сжатие – линии неизменной длины (ЛНД).

Все вышесказанное применимо и к человеческому телу. А. Ибералл доказал это: в определенных точках на коже человека отмечали чернилами круги диаметром 25 мм, затем испытуемого просили совершать движения, которые приводят к сокращению или растяжению кожного покрова в данном месте. В соответствии с теорией упругости, нарисованные окружности принимали эллиптическую форму с двумя диаметрами неизменной длины (которые определялись путем наложения на эллипсы шаблона диаметром 25 мм). Соединяя данные диаметры соседних эллипсов, Ибералл получил ЛНД, из которых составил карту линий неизменной длины человеческого тела (Рисунок 25) [55 – 57].

А. Ибералл также экспериментально установил, что расположение ЛНД на участке тела остается практически неизменным при выполнении любых видов движений и является универсальным для людей различного телосложения. А при

размещении вдоль данных линий неэластичных нитей, такие нити будут воспринимать нагрузку, не ограничивая деформации (подвижность) тела человека, несмотря на погрешности при определении ЛНД [55 – 59].

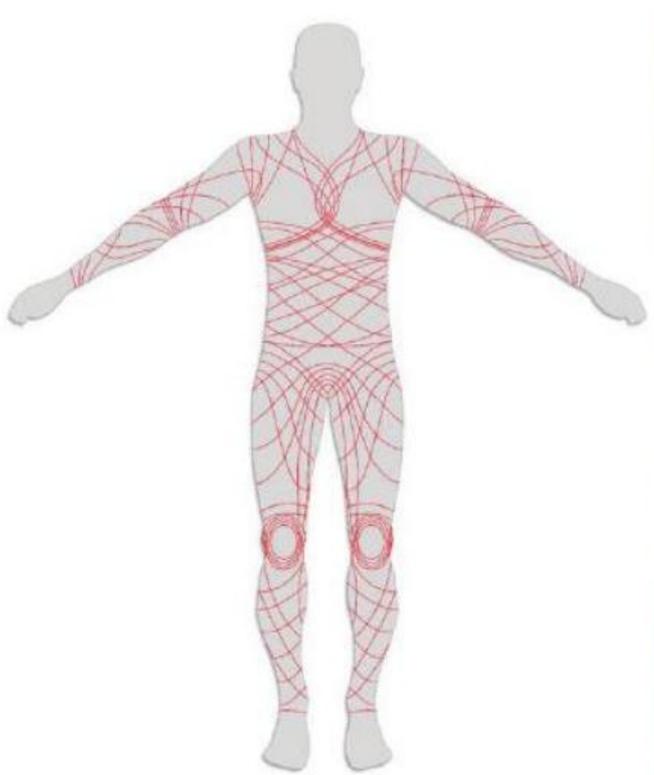


Рисунок 25 - Карта линий неизменной длины человеческого тела [58]

Разводку воздуховодов необходимо базировать на этом же принципе. Проведение воздуховодов по ЛНД позволит их сделать максимально эргономичными и избежать дополнительной динамической деформации при движениях человека из-за того, что трикотажный комбинезон растягивается, а жесткий воздуховод – нет.

Используя схему ЛНД с рисунка 25 наметим линии воздуховодов, разместив систему вентиляции. На рисунке 26 представлена схема разведения воздуховодов.

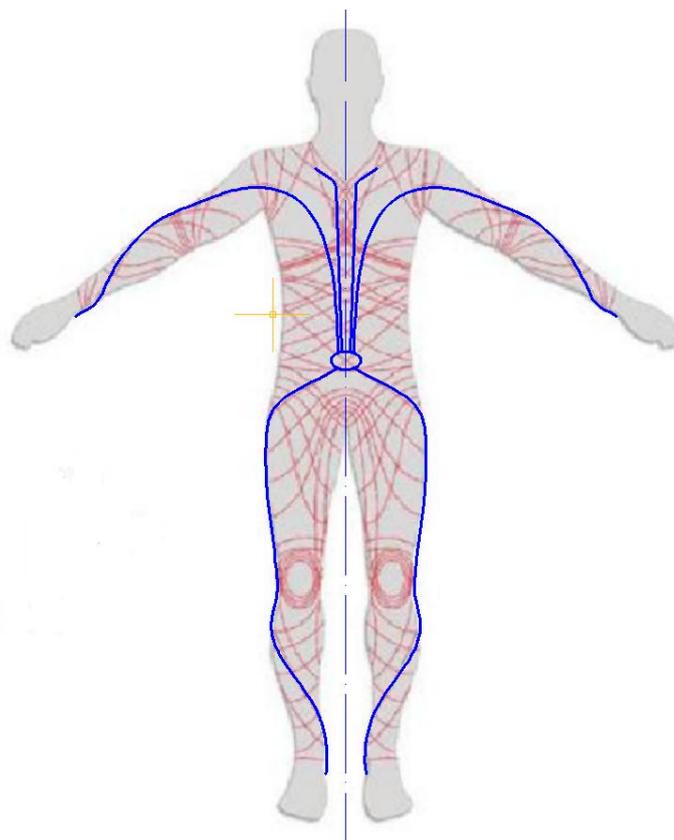


Рисунок 26 – Схема разведения воздуховодов

Согласно разработанной схеме воздуховоды ног от центрального коллектора пойдут по косым ЛНД до остисто-подвздошной кости, далее по вертикальным ЛНД на наружной стороне бедра до начала голени и оттуда, снова по косым ЛНД, воздуховод уведен на внутреннюю поверхность ноги в район щиколотки, где он стыкуется с рассеивающим коллектором – стремечком. Такой путь объясняется следующим: от центрального коллектора воздуховод необходимо увести на наружную поверхность бедра, чтобы он прошел по нейтральной оси бедренного и коленного суставного сочленения, в противном случае при сгибе ноги воздуховод может пережиматься сам и создавать намыны и дискомфорт на теле человека. Но продлить его дальше по прямой, нет возможности, т.к. на стопе необходимо разместить рассеивающий коллектор, который имеет место стыковки с направляющими, а учитывая строение стопы, это сочленение удобней всего разместить с внутренней стороны, где след стопы приподнят от опорной плоскости и образует свод, чтобы данный узел конструкции не создавал дискомфорт человеку. По этой причине необходимо увести направляющие на внутреннюю сторону сто-

пы, причем как можно позже, чтобы при ходьбе вент. трубки не ударялись и не терлись друг о друга. Но чем плавнее линия воздуховода, тем меньшее сопротивление потоку воздуха дает воздуховод, а также трубки, за счет своих упругих свойств, при закладывании их в дугу стремятся распрямиться.

На торсе человека практически нет продольных ЛНД, а воздуховоды головы и рук из области живота пойдут именно вертикально. Но в рабочей позе космонавта корпус жестко зафиксирован и это позволит нам провести воздуховоды вертикально в нужных направлениях. Воздуховоды головы пойдут вертикально вверх до конечных точек – области ключицы, где будут располагаться рассеивающие коллекторы головы.

Воздуховоды рук пройдут от центрального коллектора вертикально по дуге большого радиуса до плечевого сустава, и далее по ЛНД, через нейтральную ось локтевого сустава (чтобы воздуховод не мешал при сгибе руки) до конечной точке на запястьях на тыльной стороне предплечья, как оговаривалось выше.

Таким образом, полностью разработана система вентиляции для специального бельевого костюма, состоящая из центрального (входного) коллектора, разводящей системы воздухопроводов и рассеивающих (выходных) коллекторов, что обеспечивает равномерную вентиляцию всей поверхности тела человека для поддержания комфортного теплового состояния.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2

1. На основе проведенного анализа теплообмена человека при нормальных условиях, анализа основных факторов, влияющих на тепловое состояние оператора в кабине летательного аппарата, и анализа теплообмена оператора в защитном снаряжении дана характеристика особенностей теплообмена летчика (космонавта) в защитном снаряжении при расположении его на рабочем месте.
2. Проведен анализ требований, предъявляемых к герметичному защитному снаряжению, определен ряд основных исходных параметров для проектиро-

вания вентиляционного снаряжения, таких как парциальные давления газов в зоне дыхания, температура и влажность подаваемого воздуха и т.д.

3. Выявлены оптимальные параметры пододежного микроклимата, показатели системы вентиляции для их обеспечения, а именно скорость и объем вентиляционного потока ≈ 200 нл/мин., обоснована процентная схема оптимального распределения воздушного потока внутри скафандра, что является необходимой информацией для проектирования устройства вентилирования подкостюмного пространства.

4. Сформирован перечень требований, предъявляемых к вентиляционному костюму космического скафандра, которые необходимо учитывать при проектировании костюма.

5. Для обеспечения эргономичности вентилируемого бельевого костюма предложены:

- два возможных варианта центрального коллектора для различных условий эксплуатации;
- месторасположение воздуховодов по отношению к телу человека на основе примененной теории Ибералла о линиях неизменной длины;
- конструкции рассеивающих коллекторов в конце воздуховодов и наиболее эргономичные и эффективные места их расположения на теле человека.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕЛЬЕВОГО КОСТЮМА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С УЧЕТОМ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОГО ПОДОДЕЖНОГО МИКРОКЛИМАТА

Несмотря на то, что костюмами для создания комфортного пододежного микроклимата пользуются не один десяток лет, полноценной методики их проектирования и конструирования не существует, и каждое изделие разрабатывается и воспринимается только как составная часть комплекта спецодежды. Поэтому цель данной главы – разработать универсальную методику проектирования конструкции бельевого костюма с системой вентиляции как отдельного изделия. Проведенная работа состояла из двух основных этапов:

- 1) проектирование системы вентиляции (представленное в разделе.2.4);
- 2) разработка конструкции вентиляционного бельевого костюма.

Указанные этапы можно выполнять параллельно, но в конструкции бельевого комбинезона необходимо предусмотреть наличие функциональных элементов для установки системы вентиляции. Параметры системы принудительной вентиляции будут служить частью исходной информации для проектирования ВК.

3.1 Разработка метода проектирования конструкции бельевого костюма с принудительной вентиляцией

В предыдущих главах диссертационной работы были рассмотрены вопросы получения исходных данных для проектирования ВК, таких как:

- параметры комфортного теплового состояния человека в ВК;
- гигиенические и эргономические требования;
- особенности расположения и технология фиксации элементов системы принудительной вентиляции на ВК.

Получив эти данные для проектирования ВК, переходим к разработке метода проектирования конструкции костюма с принудительной вентиляцией. Для начала рассмотрим последовательность проектирования всех элементов ВК, состоящего из системы принудительной вентиляции и швейной оболочки.

Первостепенным является определение всех исходных параметров системы вентиляции, таких как скорость, объем, влажность и температура подаваемого воздуха. Для герметичных изделий также необходимо определить парциальное давление кислорода в зоне дыхания (в негерметичных изделиях вентиляция головы либо производится отдельно, либо в ней нет необходимости). Эти данные либо задаются в ТЗ на разработку изделия, либо рассчитываются в зависимости от условий эксплуатации.

На основании исходных данных выбирается схема подачи вентиляции в снаряжение. При выборе схемы подачи через шлем следующим этапом будет разработка воздухопроводов, т.к. центральный подающий коллектор в таком случае располагается на защитном снаряжении и не относится к вентиляционному костюму. При подаче воздуха через корпус необходимо составить процентную схему распределения воздушного потока по всему телу для обеспечения потребности всех участков.

При разработке центрального коллектора следует учитывать, что его форма и месторасположение зависят от того, насколько активно человеку предстоит двигаться при эксплуатации костюма (см.п.2.4). После разработки центрального коллектора можно переходить к разработке остальных элементов системы вентиляции: воздухопроводов и рассеивающих коллекторов.

На следующем этапе проектирования необходимо определить наиболее эргономичное месторасположение разработанных элементов системы вентиляции и, в зависимости от этого, окончательно скорректировать длину и форму воздухопроводов и элементов системы вентиляции.

Разработку основы вентиляционного костюма – бельевого комбинезона, как и разработку любого другого вида специального белья, нужно начинать с со-

ставления перечня требований к изделию. Отличием этого перечня является то, что в него включают требования по размещению элементов системы вентиляции.

Учитывая составленный перечень требований к изделию, выбираются материалы. В зависимости от выбранного материала (для бельевого изделия предпочтительно трикотажное полотно), его толщины и растяжимости подбирается методика конструирования, по которой строят базовую и модельную конструкции. На основе данных о построенной конструкции изделия и месторасположении элементов системы вентиляции следует определять способ их крепления на швейной оболочке костюма (на это также оказывает влияние условия эксплуатации). Далее, для обеспечения всех предъявляемых к изделию требований, проектируются функционально-конструктивные элементы, необходимые для установки конкретных элементов системы вентиляции.

Поскольку изделие ВК планируется для серийного производства, то необходимо определить типовые размеры и составить схему градации для них. Причем изменение изделия по размеро-ростам затронет не только изменение бельевого комбинезона, но систему вентиляции, в особенности длину воздуховодов.

Изложенная последовательность проектирования и взаимосвязь этапов разработки специальных изделий с учетом параметров системы принудительной вентиляции наглядно представлены на схеме (Рисунок 27).

В вентиляционном костюме система вентиляции является техническим устройством, отвечающим высоким эксплуатационным требованиям, параметры функционирования которого строго соответствуют ТЗ. По этой причине при проектировании ВК проще «подстраивать» конструкцию швейной оболочки под устройство и параметры системы вентиляции.

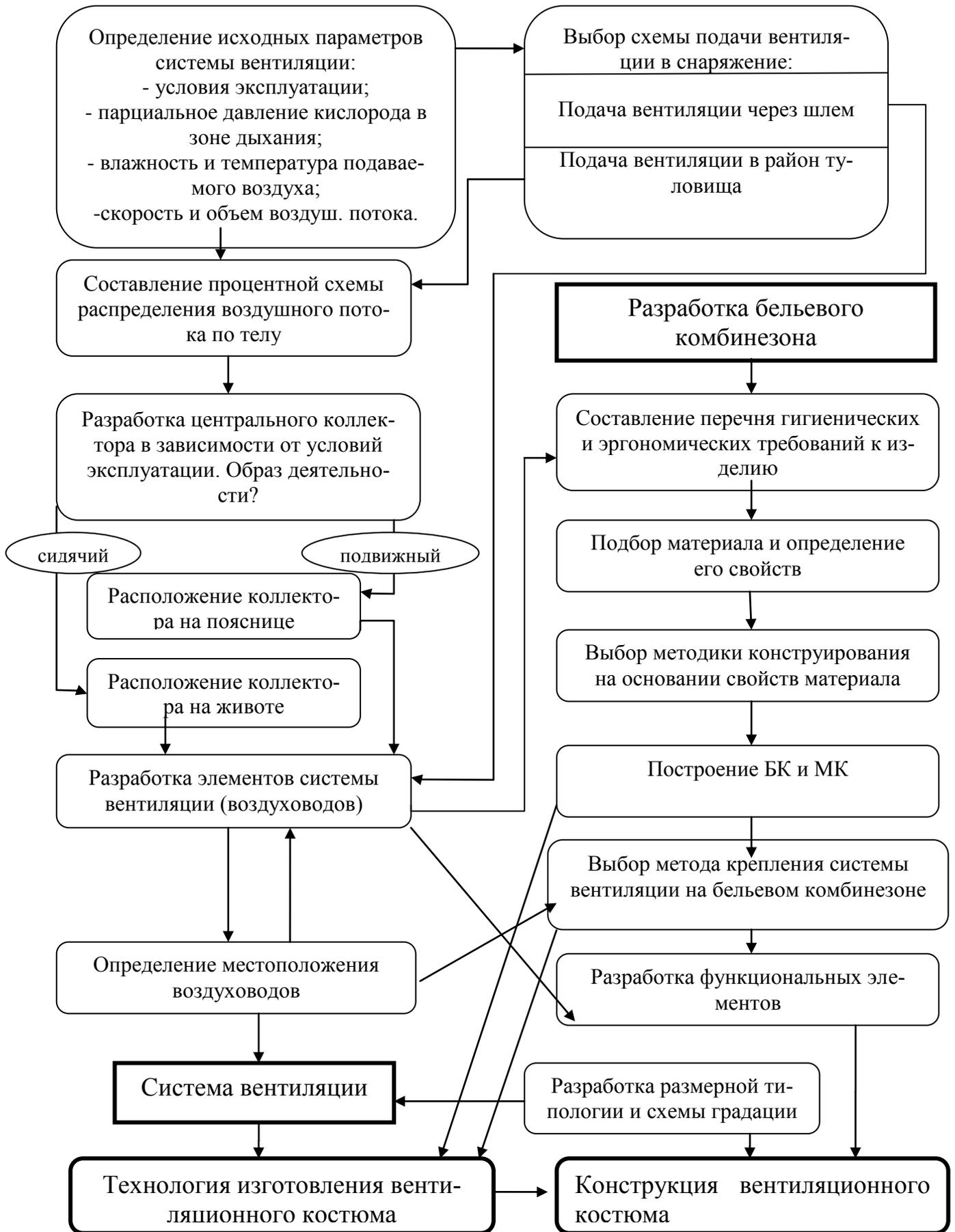


Рисунок 27 – Взаимосвязь этапов проектирования ВК, состоящего из швейной оболочки с закрепленной на ней системой принудительной вентиляции

В процессе разработки конструкции ВК помимо параметров элементов системы вентиляции необходимо учитывать и предполагаемую технологию их крепления на швейную оболочку. Однако устройство системы вентиляции так же оказывает влияние на выбор технологии изготовления костюма, поэтому разработку ВК следует базировать именно на данных о системе вентиляции (Рисунок 28).



Рисунок 28 – Последовательность проектирования ВК с учетом параметров системы вентиляции

Устройство системы вентиляции влияет на:

- наличие, форму и расположение функциональных деталей в конструкции ВК, предназначенных для крепления воздухопроводов и коллектора;
- технологию фиксации элементов системы вентиляции на швейной оболочке;
- перечень гигиенических и эргономических требований, предъявляемых к изделию, т.к. наличие вентиляционной системы относит вентиляционный костюм в раздел специзделий, к которым предъявляются особые требования.

Требования эргономики и гигиены определяют выбор основного и вспомогательных материалов, как для швейной оболочки (костюма), так и для элементов самой системы вентиляции.

Выбранный материал – его физико-механические свойства (растяжимость, толщина, прочность и т.д.) – оказывают влияние не только на базовую и модельную конструкции и технологию сборки швейной оболочки, но и на способ соединения элементов системы вентиляции (в том числе и жестких) со швейным изделием.

После выбора материалов для изготовления ВК следующими этапами работы являются:

- составление размерной типологии для проектирования ВК;
- разработка базовой конструкции швейной оболочки;
- построение модельной конструкции изделия.

Устройство системы вентиляции оказывает непосредственное влияние на все перечисленные этапы. Так при составлении размерной типологии необходимо учитывать не только особенности телосложения целевой группы пользователей изделия и сложность изготавливаемого изделия, но и нерастяжимость упругих вентиляционных элементов.

При расчете и построении ВК необходимо учитывать выбранный материал и перечень специфических требований, предъявляемых к ВК как к одежде специального назначения с упругой системой вентиляции.

Модельная конструкция ВК отличается наличием функциональных деталей, предназначенных для крепления элементов системы принудительной вентиляции. Соответственно форма и месторасположения таких деталей зависят от параметров элементов системы вентиляции. Подробнее этапы построения базовой и модельной конструкций будут рассмотрены в нижеследующих разделах данной диссертационной работы.

Результатом проектирования ВК является комплект лекал и конструкторской документации на изделие специального назначения, состоящее из швейной оболочки и системы принудительной вентиляции. Предложенный нами метод проектирования позволяет разрабатывать спецодежду с принудительной вентиляцией, отвечающую повышенным гигиеническим и эргономическим требованиям и обеспечивающую стабильный тепловой баланс тела человека, поскольку учитывает параметры теплообмена человека, характер деятельности и воздействие рабочей среды, при этом проектирование системы вентиляции и основы ВК осуществляется взаимосвязано. Таким образом, отличие разработанного метода проектирования одежды специального назначения с принудительной системой вентиляции заключается в том, что проектируемое изделие состоит из швейной оболочки и упругой системы вентиляции, зафиксированной на ней швейными методами, при этом обеспечивается эргономичность конструкции и гарантируются комфортные для работы летчика/космонавта условия пододежного пространства.

3.2 Выбор текстильного материала для изготовления бельевого костюма специального назначения

К вентиляционному костюму предъявляются высокие гигиенические требования, удовлетворить которые только за счет введения системы принудительной вентиляции невозможно. Помимо этого, как известно вид текстильного материала влияет на параметры конструирования швейного изделия, поэтому выбор

текстильного материала для изготовления ВК необходимо осуществить до разработки методики конструирования комбинезона.

Из-за невозможности значительной части тела рассеивать тепло единственным способом терморегуляции становится выделение пота, что в свою очередь ведет к намоканию нательного белья и локальному дискомфорту, особенно в области опорных поверхностей. Поддержание нормальной температуры и сухости участков тела, находящихся в непосредственном контакте с рабочим креслом, весьма затруднительно [60]. Были попытки решения указанной проблемы за счет расположение в этих областях несминаемых воздухопроницаемых прокладок [2], но при этом данные прокладки сами не должны вызывать дискомфорт и не ухудшать переносимость оператором перегрузок, чего добиться не удалось. Решением указанной проблемы может стать выбор современных функциональных материалов для нательного белья (основы вентиляционного костюма), которые обладают высокой паропроницаемостью и при этом оставляют на коже ощущение сухости.

3.2.1 Разработка требований к материалам бельевого костюма специального назначения

Белье, покрывая 80% поверхности тела человека, является тем слоем, который оказывает непосредственное влияние на температуру кожи и прилегающего к ней воздуха, а также на работу кожных покровов, угнетая или стимулируя ее [1]. Поэтому к бельевым материалам всегда предъявляются высокие гигиенические требования. Но к белью, применяемому в составе космического скафандра или костюма летчика, предъявляются значительно более жесткие, а зачастую специфические требования, вызванные особенностями эксплуатации изделий [60 – 62]. При таких условиях материалы белья должны обладать очень высокими гигиеническими показателями, а так же хорошими физико-механическими свойствами. На основе анализа технических документов, регламентирующих производство бельевых предметов одежды снаряжение летчиков-испытателей и космонавтов, а

так же учитывая пожелания космонавтов, был составлен перечень требований к материалу ВК, изложенный ниже.

При изготовлении спецодежды для летчиков и космонавтов запрещается использовать материалы, выделяющие химические вещества в количествах, превышающих предельно допустимые значения в условиях замкнутого воздушного пространства скафандра или ЛА [34]. Полимерные материалы и пропитки, предназначенные для одежды, должны обладать химической стабильностью, т.е. не выделять в окружающую среду при деструкции, вследствие старения или воздействия среды чистого кислорода, мономеры или другие токсичные для организма вещества. При подборе материалов по специально разработанной методике [62, 63] оценивают интенсивность и динамику выделения из них токсичных веществ в воздушную среду герметичных емкостей и в водную среду, имитирующую пот, а также в среду чистого кислорода, имитируя замкнутый гермообъем скафандра или ЛА. Материалы не должны создавать специфического запаха, интенсивность запаха не должна превышать 2 балла [64].

Материал не должен быть сильно электризуемым, в связи с повышенными требованиями пожаробезопасности в условиях эксплуатации в среде чистого кислорода, а также в связи с тем, что это может привести к выходу из строя или помехам в работе электроприборов, располагающихся на теле космонавта (датчики телеметрии, гарнитура связи) на скафандре и в ЛА. Напряженность поля статического электричества у поверхности материала не должна превышать 200 В/м [34].

В процессе эксплуатации материалы не должны выделять в воздух пыль в количестве превышающем $0,5 \text{ мг/м}^2$ [34].

Для белья, как внутреннего слоя спецодежды, существуют жесткие гигиенические требования. Белье и система вентиляции пододежного пространства в спецодежде должны обеспечивать оптимальный микроклимат, по возможности полное отведение продуктов метаболизма человека, особенно влаги, в окружающую среду, не давая им задерживаться в пододежном пространстве. Оно не должно затруднять теплоотдачу и испарение пота. Для этой цели рекомендуются мате-

риалы с хорошей воздухопроницаемостью (не менее $330 - 370 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$], невысоким термическим сопротивлением ($0,05 - 0,11 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$) [1, 65].

Еще одним важным гигиеническим показателем свойств бельевой одежды является ее водоемкость, т. е. способность ткани пропитываться водой: чем больше воздух, имеющийся в порах ткани одежды, заменяется водой, тем меньше ее воздухопроницаемость и тем больше ее теплопроводность. В итоге под одеждой накапливается пот и выделяемые кожей газы (углекислый газ, окись углерода и др.), возникает ощущение «мокрого белья», что ухудшает самочувствие и снижает работоспособность. Помимо этого, пропитывание одежды влагой увеличивает ее вес. Поэтому очень важна способность материала пропускать и испарять водяные пары – паропроницаемость [66, 67].

Испарение влаги с поверхности тела – один из основных способов теплоотдачи. В условиях теплового комфорта с поверхности кожи в течение часа испаряется не более $40 - 50 \text{ г}$ влаги. Выделение пота в количестве, превышающем 150 г/ч , сопряжено с тепловым дискомфортом [68]. Поэтому хорошая паропроницаемость материала является одним из главных факторов обеспечения теплового комфорта.

Одной из главных функций белья является предохранение кожи от механических воздействий, трения и раздражения. При этом белье не должно само быть причиной трения, раздражения или сильных наминов, поэтому оно должно без морщин и складок облегать тело. Белье должно обеспечивать максимальное удобство свободы движений, легкость одевания и снятия, отсутствие затруднений дыхания и кровообращения [1].

Так как надевание и снятие скафандра происходит в присутствии других людей (космонавтов, технических сотрудников), то белье даже после длительной носки должно сохранять эстетичный вид, а это возможно при минимальной остаточной деформации в области колен и локтей, отсутствии затяжек, пилий и желтых разводов от потовыделения.

Для размещения на бельевом комбинезоне системы вентиляции, которая состоит из жестких и упругих трубок (воздуховодов), распределяющих воздуш-

ный поток в направлении головы, рук и ног, на белье требуется настрачивать направляющие из текстильного материала, в которые будут вставляться воздуховоды. При этом очень важно, чтобы под весом вентиляционной системы белье не деформировалось и не рвалось по линии шва настрачивания направляющих [69].

На сегодняшний день для изготовления штатного нательного белья для летчиков и космонавтов используется только хлопчатобумажное трикотажное полотно. Но оно не отвечает всем предъявляемым требованиям. Основные недостатки: ощущение дискомфорта, когда хлопчатобумажное белье из-за высокой гигроскопичности сильно намокает от потовыделения человека, и внешний вид – оно сильно деформируется и теряет эстетичный вид во время эксплуатации. Поэтому мы предлагаем заменить хлопчатобумажное белье на белье из функционального трикотажа, что значительно улучшит самочувствие космонавтов и летчиков при работе в герметичных костюмах.

3.2.2 Исследование современных текстильных материалов, отвечающих разработанным требованиям

Проанализировав все перечисленные требования, было принято решение использовать для изготовления белья летчиков и космонавтов, так называемый «функциональный трикотаж», активно разрабатываемый и применяемый в последнее время для изготовления белья и снаряжения для спортсменов и термобелья. Термин «функциональный трикотаж» имеет более широкое значение – это трикотаж, выполняющий в изделии функции не свойственные обычному трикотажу (огнеупорный трикотаж, лечебный, корректирующий и т.д.) или выполняющий стандартные функции, но на значительно более высоком качественном уровне [70]. Замена хлопчатобумажного белья на белье из функционального трикотажа, а именно синтетического полотна, разработанного специально для отвода влаги от тела с сохранением поверхности материала и тела человека сухими, поз-

волит значительно улучшить самочувствие космонавтов и летчиков при работе в герметичных костюмах.

Учитывая большое разнообразие функциональных трикотажных полотен, был проведен анализ ассортимента и ряд сравнительных испытаний для определения наиболее подходящего материала для нового белья космонавтов и летчиков, который обеспечит нормальный микроклимат пододежного пространства.

Одними из первых в мировой практике для функционального нательного белья стали применяться материалы из полипропилена, т.к. полипропилен обладает хорошими гидрофобными свойствами, по сравнению с хлопком он почти не впитывает влагу, таким образом, он остается теплым и сухим во влажных условиях. Поскольку плетение подобного материала, как правило, весьма неплотное – поверхность покрыта сетью пор – он свободно отводит испарения тела. Недостатком полипропилена является то, что он впитывает запахи тела, быстро пилингуется и оплавляется при сушке в сушильной машине или рядом с костром, вызывая резкий запах жженой пластмассы. Поэтому полипропилен стали заменять на полиэстер, который меньше пилингуется и обладает лучшим сопротивлением к высокой температуре.

Для того чтобы полиэстер обеспечивал комфортные условия для кожи даже при намочении, производят микроволокно, повторяющее структуру хлопкового волокна. Это позволяет полотну из полиэстера быть приятным на ощупь, лучше выглядеть и облегать тело, но при этом не впитывать много влаги и не отводить за счет этого тепло от тела. Дополнительно можно начесать материал, сделанный из микроволокна, так, чтобы он стал ворсистым с одной стороны, и носить изделие из такого материала ворсистой стороной к телу. При этом внешняя поверхность ткани покрыта множеством пор, что увеличивает скорость испарения. Материал Polartec® PowerDry® компании Malden Mills – хороший пример подобного строения материала, благодаря особой структуре волокон он высыхает в два раза быстрее натурального хлопка [71].

Другой вариант микроволоконного материала, применяемого для термобелья, – полотно из волокон Coolmax®. Это полиэстеровое волокно особой кон-

струкции, разработанное фирмой Invista (DuPont), с четырехжильной нитью, обеспечивающее растяжение внешней поверхности. Волокно CoolMax имеет площадь поверхности на 20% больше, чем волокно круглого сечения, и обладает повышенными капиллярными свойствами. Такая структура впитывает влагу, выделяемую телом, гораздо быстрее, и сразу переносит ее на наружную поверхность одежды, где она быстро испаряется [72].

Некоторые производители настаивают на том, что только синтетические волокна не впитывают влагу; она свободно проходит сквозь эти волокна благодаря диффузивному испарению, и, таким образом, лишь двухлицевые (двухсоставные) материалы могут обеспечить отвод влаги от тела. Поэтому разработчики текстильных материалов предлагают сочетать вместе два разных типа волокон в правильной последовательности: поместить гидрофильный материал на внешнюю поверхность материала, а гидрофобный – на внутреннюю.

Функциональное белье должно было эластичным, чтобы не сковывать движения при активных физических нагрузках и хорошо облегать тело, что благотворно скажется на эффективности отведения влаги. Достаточную эластичность полотну придает наличие в составе высокоэластичных волокон (Spandex®, эластан, Lycra®) [71].

Поскольку белье находится в непосредственном контакте с кожей, желательно чтобы материал был обработан специальными антибактериальными пропитками, препятствующими размножению бактерий и впитыванию запахов. Кроме того, нательное белье должно быть выполнено с использованием плоских швов, не натирающими кожу [73].

Для проведения работ по модернизации нательного белья космонавта и летчика были отобраны трикотажные полотна:

- 1) Coolmax F-002/C, цвет василек, переплетение двухфантаурное рисунчатое, поперечно соединенное;
- 2) Moisture Management F-002/ММ, цвет синий, переплетение двухфантаурное рисунчатое, поперечно соединенное;
- 3) Tactel K-001РА/200, цвет черный, переплетение – интерлок;

4) Coolmax Termolite T20-645, цвет белый, переплетение двухфантурное рисунчатое, поперечно соединенное;

5) POLI-160 «Сандвич» (двусторонний материал – полиэстер с одной стороны и х/б с другой), цвет белый, переплетение двухфантурное рисунчатое, поперечно соединенное.

С целью определения свойств и выбора наиболее подходящего материала для разработки нового типа белья для космонавтов и летчиков выбранные образцы были испытаны в лабораторных условиях по стандартным методикам (Приложение Д). Испытания по определению остаточной деформации проводились по методике МГУДТ на релаксметре типа «стойка» при постоянной нагрузке. Нагружающее усилие составляло 10% от разрывной нагрузки. Продолжительность действия усилия на пробу - 30 мин и продолжительность отдыха - 30 мин. Общие результаты исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты исследований функциональных трикотажных полотен

Перечень показателей	Наименование трикотажного полотна				
	Coolmax F-002/C	Moisture Management F-002/MM	Tactel K-001PA/200	Coolmax Termolite T20-645	POLI-160 «Сандвич»
1	2	3	4	5	6
Волокнистый состав, %	100 полиэстер	100 полиэстер	94 полиамид, 6 спандех	100 полиэстер	51 полиэстер, 49 х/б
Поверхностная плотность, г/м ²	143,3	131,7	211,7	178,3	156,7
Толщина материала, мм	1,54	1,52	1,63	1,65	1,75
Линейная плотность нити, текс	9,0	8,8	14	13,1	4 х/б, 2,68 п/э
Модуль петли	17,2	19,5	19,3	21,3	28,5 х/б 19,7 п/э
Разрывная нагрузка, кгс					
по длине	51	52	85,3	56,6	32,3
по ширине	30	30,3	39,3	41,7	25,6

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
Разрывное удлинение, % по длине по ширине	105 161,7	105 196	146 263	116,6 180	103,3 133,3
Остаточная деформация, % по длине по ширине	14,8 21,7	17,1 23,4	20 24,9	3,6 22,6	8,5 24,2
Прочность ниточного соединения	Порвался трикотаж, шов целый	Порвался трикотаж, шов целый	Трикотаж не порвался, шов практически целый	Разошелся шов, трикотаж целый	Порвался трикотаж, шов целый
Паропроницаемость, г/м ² ч	14	11,9	12,8	16,4	16,1 (х/б вверх) 14,5 (п/э вверх)
Капиллярность, мм по длине по ширине	51 30	52 30,3	85,3 39,3	56,6 41,7	32,3 25,6
Воздухопроницаемость, л/м ² с	687,6	738,4	309,7	760,4	1042
Водопоглощаемость, %	61,6	61,5	36,3	66,1	79,2
Прочность окраски	Особо прочная	Прочная	Особо прочная	-	-

Выбранный перечень исследований, позволил составить практически полную картину, о том, насколько образцы отвечают требованиям, предъявляемым к бельевому вентиляционному костюму летчика и космонавта, как по гигиеническим, так и по физико-механическим показателям. Причем для оценки гигиенических показателей были выбраны в первую очередь именно паро- и воздухопроницаемость, а не гигроскопичность, т.к. особый интерес представляет то, насколько эффективно материал проводит влагу, в то время как гигроскопичность этого не показывает. Водопоглощение и капиллярность были выбраны, чтобы определить насколько эффективно материал впитывает влагу с поверхности кожи и распределяет ее по площади. Проведенный эксперимент по определению паропроницаемости представляет особый интерес, т.к. выявил очень высокую паропроницаемость

выбранных материалов и тем самым подтвердил заявления производителей о способности материалов отводить влагу. Такие высокие показатели, помимо описанной выше структуры волокна, могут быть объяснены пористой структурой лицевой поверхности материала.

Из физико-механических свойств для представления того, как поведет себя материал при эксплуатации в особо сложных условиях рабочей среды, важно оценить остаточную деформацию, прочность ниточного шва и разрывное удлинение.

Опираясь на полученные данные, был выбран образец №4 - Coolmax Termolite T20-645, цвет белый. Волокнистый состав – 100% полиэстер. Этот образец имеет лучший показатель паропроницаемости, низкий показатель остаточной деформации. Образец приятен на ощупь, т.к. с изнаночной стороны имеет мягкий, немного ворсистый гриф, а с лицевой стороны – гладкую, с небольшими порами для лучшей вентиляции, поверхность. При действии разрывной нагрузки на шов, трикотаж остался целым, а это немаловажно для дальнейшей установки системы вентиляции на бельевой комбинезон.

На основании полученных результатов нами сделан вывод, что применение нового материала, функционального трикотажного полотна, позволит создать бельевой комбинезон нового типа для летчиков и космонавтов, отвечающий физиолого-гигиеническим требованиям, предъявляемым к нему [34, 39, 60], и, в сочетании с правильным распределением потока искусственной вентиляции снаряжения, обеспечит оптимальный микроклимат пододежного пространства.

3.3 Разработка размерной типологии для проектирования бельевого комбинезона ВК

Для проектирования бельевого комбинезона первоначально необходимо установить на какую группу потребителей будет проектироваться данное изделие, чтобы определиться с размерами для построения типологии и в дальнейшем конструкции изделия.

3.3.1 Анализ существующих типологий

При построении размерной типологии решают в первую очередь следующие основные задачи:

- 1) выбор главных, или ведущих, признаков, определяющих размер изделия;
- 2) установление интервала безразличия по каждому из ведущих размерных признаков;
- 3) установление оптимального числа типовых размеров для производства;
- 4) определение значений всех других размерных признаков для типовых кистей рук, выделенных по сочетаниям ведущих признаков.

Правильный выбор ведущих признаков и установление их оптимального числа является одной из основных задач построения размерной типологии, т.к. выделение каждого нового ведущего признака увеличивает число размерных вариантов, что в значительной степени усложняет выпуск готовых изделий.

Для того, чтобы ведущие признаки в достаточной степени определяли типовую фигуру и разносторонне характеризовали ее, они должны располагаться в разных плоскостях. Каждый из выбранных признаков должен иметь наибольшую или близкую к ней величину лежащую в данной плоскости и, кроме того, должен быть в наибольшей степени связан с другими признаками, лежащими в той же плоскости [74].

Для разработки размерной типологии взяты за основу уже имеющиеся размерные типологии, данные ОСТА и статистики антропометрических показателей летчиков, космонавтов и испытателей космической техники [75 – 77].

Изделие вентиляционный костюм предназначено в первую очередь для профессиональных военных и сотрудников служб специального назначения (авиакосмическая отрасль в данном случае также относится к военным, т.к. речь идет о военных летчиках; а космонавты в большинстве своем выходцы из военной авиации). Поэтому при разработке размерного ряда можно использовать ГОСТы на типовые фигуры военнослужащих [78, 79]. Учитывая, что возраст профессио-

нального бойца спецназа, летчика или космонавта как правило не менее 30-35 лет, то в указанных ГОСТах воспользуемся данными типовых фигур офицеров, прапорщиков и мичманов СА и ВМФ. А физическая подготовка и, как следствие, определенная конституция тела данной категории людей позволяют нам исключить первую и четвертую полнотные группы (порядка 15,5%). Проанализировав данные таблиц процентного распределения, для составления размерного ряда разрабатываемого изделия, можно пренебречь наиболее редко встречаемыми размерами, оставив наиболее распространенные (Таблица 4 и 5).

Таблица 4 – Уточненная шкала процентного распределения типовых фигур офицеров СА и ВМФ второй полнотной группы

Рост, см	Обхват груди / обхват талии, см						
	92/74	96/78	100/82	104/86	108/90	112/94	116/98
164	0,5	1,1	1,2	0,8	0,4	X	-
170	1,1	2,8	3,9	3,1	1,6	0,6	0,2
176	0,7	2,3	3,8	3,6	2,2	0,9	0,3
182	0,2	0,7	1,4	1,5	1,1	0,5	0,2
188	-	X	0,2	0,3	0,2	X	X

Таблица 5 – Уточненная шкала процентного распределения типовых фигур офицеров СА и ВМФ третьей полнотной группы

Рост, см	Обхват груди / обхват талии, см							
	88/76	92/80	96/84	100/88	104/92	108/96	112/100	116/104
164	0,4	1,0	1,6	1,5	0,9	0,4	X	-
170	0,7	2,1	4,0	4,4	3,2	1,6	0,6	0,2
176	0,3	1,4	3,1	4,1	3,4	2,0	0,8	0,3
182	X	0,3	0,9	1,4	1,4	0,9	0,5	0,2
188	-	-	X	0,2	0,2	0,2	X	X

Для проектирования скафандров существует антропометрический стандарт СТС 727.66.7.102-94 [76], ведущими размерными признаками для определения типовой фигуры в нем являются рост (Т1) и обхват груди третий (Т16), а обхват талии (Т18), в силу конструкторских особенностей оболочки скафандра, в качестве ведущего не используется. Поскольку спецодежда, для которой используется данный стандарт, выпускается для ограниченной по численности и возрасту группы людей, в стандарт включены типовые фигуры только третьей полнотной группы.

Обе размерные типологии в качестве ведущего продольного размерного признака (РП) используют только рост (Т1). Но для построения конструкции комбинезона очень важно знать пропорцию тела – соотношения размеров его отдельных частей, а именно соотношение длинны ног и длинны туловища, т.к. пропорции тела изменяются не только в зависимости от возраста и пола. В.В. Бунак выделяет три основных типа пропорций тела достаточно часто встречающихся как среди мужчин, так и среди женщин: долихоморфный, мезоморфный и брахиморфный. Разница в росте между людьми в основном зависит от длины нижних конечностей. Поэтому долихоморфный тип более характерен для людей высокого роста, брахиморфный – для низкого [74].

Учитывая данную особенность строения тела человека велика вероятность, что при выборе размера, комбинезон соответствующий человеку по ведущим РП, окажется ему мал по длине корпуса. Поэтому для конструирования и определения размеров любого комбинезона необходимо ввести дополнительный размерный признак, который отражает пропорции тела человека. Под дополнительным размерным признаком примем РП не участвующий в процессе составления размерной типологии (дабы не увеличивать количество типовых размеров), но учитывающийся при выборе размера изделия. Так, например, при определении соответствующего размера изделия нужно будет учитывать как ведущие, так и дополнительные РП, и при несоответствии дополнительных признаков выбирать больший размер.

На данную роль могут претендовать несколько размерных признаков: длина ноги по внутренней поверхности (Т27), дуга туловища вертикальная (Т207) или обхват туловища вертикальный (Т206). Не стоит опираться на высоту линии талии, высоту остисто-подвздошной передней точки или высоту подъягодичной складки, т.к. при построении комбинезона очень важно отделить торсовую часть изделия и правильно спроектировать ее с учетом динамических прибавок, чтобы обеспечить эргономическую посадку.

Длина ноги по внутренней поверхности четко разграничивает ноги и туловище человека. Дуга туловища вертикальная измеряется вертикально от шейной точки вдоль позвоночника через паховую область до верхнегрудинной точки, при этом лента должна проходить через тонкую пластину шириной не более 2 см, наложенную на ягодичные точки.

Обхват туловища вертикальный согласно стандартам должен измеряться по косой окружности, проходящей через левую паховую складку и середину расстояния между точкой основания шеи сбоку и плечевой точкой, лента должна проходить через тонкую пластину шириной не более 2 см, наложенную на ягодичные точки [76, 77]. Данный размерный признак является ведущим при выборе размера скафандра, а именно при определении нужной длины корпуса [37]. Но на практике данный размерный признак измеряют немного по другому: размерная лента по косой окружности проходит через середину паховой области и точку основания шеи сбоку. Такой метод измерения дает максимальное значение обхвата туловища, что дает наиболее полное представление о габаритных размерах торса.

Но при конструировании становой части комбинезона использовать вертикальный обхват менее удобно, чем дугу, т.к. размерный признак Т207 дополнительно можно разложить на Т40 (длина спины до талии с учетом выступа лопаток), Т77 (дуга через паховую область) и длина от яремной выемки до талии спереди. Длины до талии спереди и сзади удобно использовать при построении полочки и спинки, дугу через паховую область (как и саму дугу туловища вертикальную) – для контроля продольных размеров стана комбинезона.

Поэтому для проектирования комбинезонов целесообразно к общепринятым ведущим размерным признакам: обхват груди третий (Т16) и рост (Т1) принять дополнительные размерные признаки – дуга туловища вертикальная (Т207) и длина ноги по внутренней поверхности (Т27). А также для дальнейшего учета длины воздуховодов необходима величина длины руки до линии обхвата запястья (Т68).

3.3.2 Определение значений ведущих размерных признаков

По выбранным антропометрическим признакам необходимо составить оптимальный вариационный ряд. Для этих целей была использована имеющаяся статистика по космонавтам и испытателям, содержащая полные антропометрические данные более, чем 300 человек. Анализ данных проводился по средством программного обеспечения Microsoft Excel и StatGraphics Plus. С помощью этих программ были составлены модели плотности распределения основных размеров, вычислены оптимальное количество классов (размеров) и классовый интервал (интервал размерного безразличия).

Как уже говорилось выше, учитывая контингент людей, на которых проектируется изделие, можно рассматривать только третью полнотную группу, поэтому в качестве ведущих размерных признаков целесообразно взять рост и обхват груди третий. Вначале было проанализировано распределение сочетания ведущих признаков, роста и обхвата груди третьего, по графическим моделям (Рисунок 29). Затем составлены гистограммы распределения по каждому признаку отдельно для определения частоты встречаемости и интервала безразличия РП.

При составлении гистограммы распределения ростов (Рисунок 30), сохранен стандартный межклассовый интервал 6 см. По полученным моделям и гистограмме видно, что оптимальное количество размеров по ростам – четыре, т.к. первый (от 155 до 161 см) и шестой (от 185 до 191 см) роста практически не встречаются. Их процент от общей выборки составит всего 5 %.

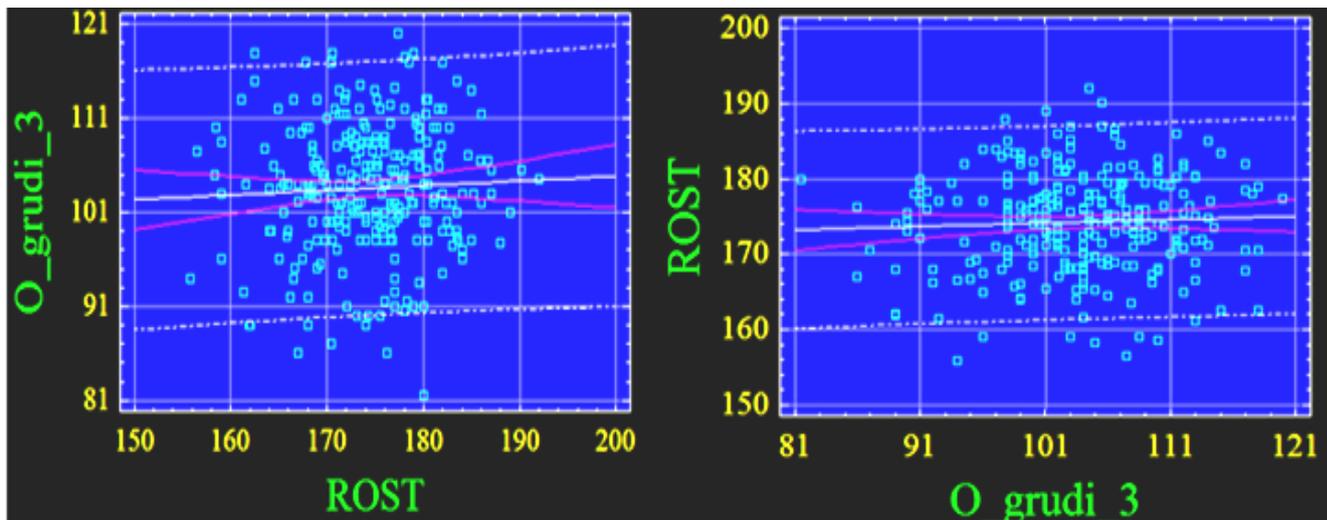


Рисунок 29 – Модель распределения сочетаний ведущих размерных признаков

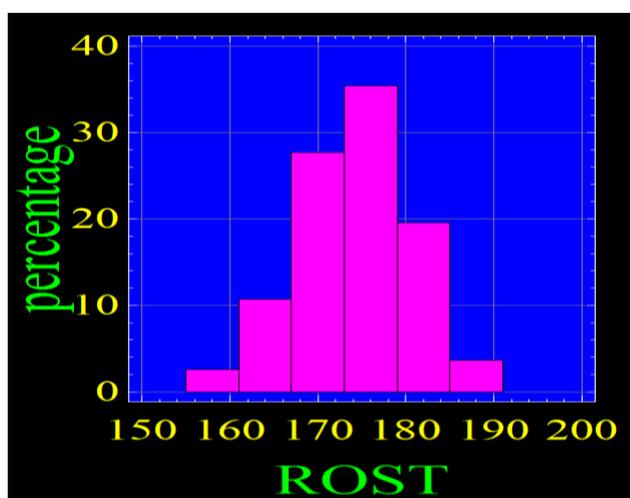
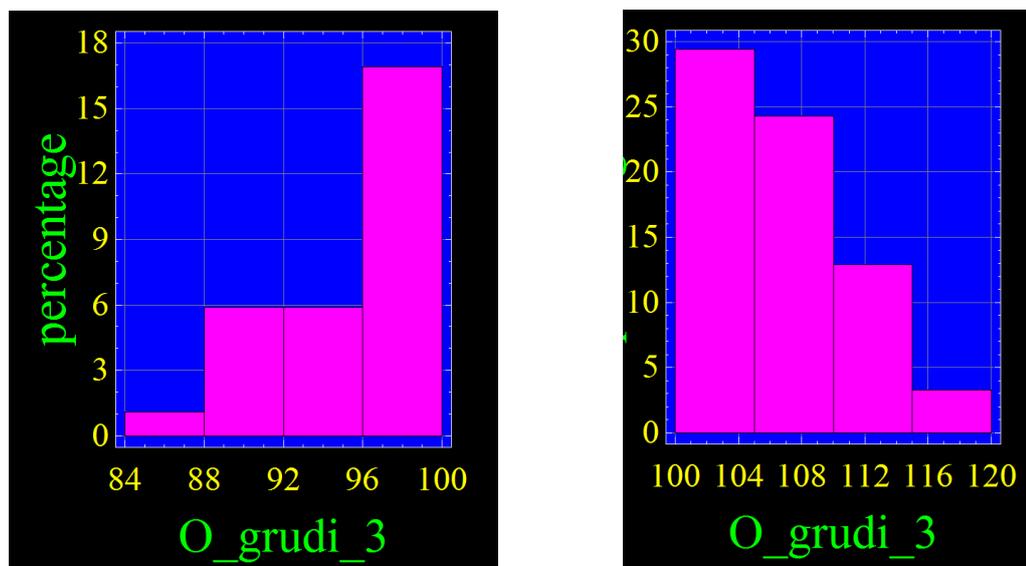


Рисунок 30 – Гистограмма РП Т1

Гистограмма по данным обхвата груди третьего представлена на рисунке 31. Для составления размерной типологии обхвата груди III применен не постоянный интервал безразличия. Допустимо, чтобы на интервал безразличия оказывала влияние величина размерного признака: чем больше величина признака, тем больше может быть интервал безразличия [74]. Поэтому для сокращения размерного ряда и оптимизации числа типовых фигур примем, при обхвате груди менее 100 см – интервал безразличия 4 см, при обхвате груди более 100 см – 5 см.

Исходя из модели распределения и гистограммы, исключаем наименее востребованные размеры (от 84 до 88 см и от 115 до 120 см) из размерного ряда – суммарно данные размеры составляют около 4 % выборки.



а.

б.

Рисунок 31 – Гистограмма РП Т16 : а – гистограмма для размеров с интервалом безразличия 4 см; б – гистограмма для размеров с интервалом безразличия 5 см

На основании этих данных, с учетом анализа вариационного ряда на плотность распределения, составляем таблицу размерной типологии для серийного производства вентиляционных костюмов (на основе бельевых комбинезонов) (Таблица 6).

Таблица 6 – Размерная типология для проектирования ВК

В сантиметрах			
Рост	Обхват груди III	Рост	Обхват груди III
164 (161-167)	88-92	176 (173-179)	96-100
	92-96		100-105
	96-100		105-110
	100-105		110-115
170 (167-173)	88-92	182 (179-185)	100-105
	92-96		105-110
	96-100		
	100-105		
	105-110		
	110-115		110-115

3.3.3 Определение значений вспомогательных размерных признаков для типовых фигур

Выделение ведущих размерных признаков недостаточно для полной характеристики фигуры человека. Обязательными признаками для проектирования комбинезона являются также дуга туловища вертикальная (Т207), длина ноги по внутренней поверхности (Т27) и длина руки до линии обхвата запястья (Т68).

Данные размерные признаки имеют тесную связь с ведущим признаком – ростом, поэтому для определения их параметров были использованы коэффициенты корреляции и регрессии.

Для определения связи признаков, при которой каждому определенному значению одного признака может соответствовать не одно значение второго признака, а целое распределение этих значений, называется стохастической (корреляционной) связью или корреляцией. Статическую степень тесноты корреляции между признаками характеризует коэффициент корреляции r .

Коэффициент корреляции указывает на степень связи двух переменных величин, но не дает возможность судить о том, как меняется одна величина по мере изменения другой. Коэффициент, который показывает, как меняется один признак при изменении другого на единицу изменения, носит название коэффициент регрессии R . Благодаря ему путем сравнительно несложных вычислений можно определить среднее значение одного признака по заданному значению другого признака. Для этого надо воспользоваться уравнением регрессии [74, 80]:

$$Y = a + Rx, \quad (9)$$

где Y – значение определяемого параметра; x – значение заданного параметра; R – коэффициент регрессии; a – расчетный коэффициент.

А для определения насколько выбранная модель отвечает действительности, используется коэффициент детерминации. Коэффициентом детерминации, R^2 , называется величина, показывающая, какая доля выборки определяется параметрами выбранной модели. Коэффициент детерминации принимает значения от 0 до 1. Чем ближе значение коэффициента к 1, тем сильнее зависимость. При

оценке регрессионных моделей это интерпретируется как соответствие модели данным. Для приемлемых моделей предполагается, что коэффициент детерминации должен быть хотя бы не меньше 50 % (в этом случае коэффициент множественной корреляции превышает по модулю 70 %). Модели с коэффициентом детерминации выше 80% можно признать достаточно хорошими (коэффициент корреляции превышает 90%). Равенство коэффициента детерминации единице означает, что объясняемая переменная в точности описывается рассматриваемой моделью [80].

С помощью программного обеспечения StatGrafhics Plus и Microsoft Excel, основываясь на статистике обмеров космонавтов и испытателей, определяем параметры зависимости вспомогательных признаков от основных (в данном случае от роста) и составляем уравнение регрессии, описывающее эту взаимосвязь. Полученные результаты представлены на рисунках 32 – 33 и в таблицах 7 – 8.

При построении модели зависимости дуги туловища вертикальной от роста выяснилось, что данные параметры тела практически не связаны друг с другом (Рисунок 34, Таблица 9).

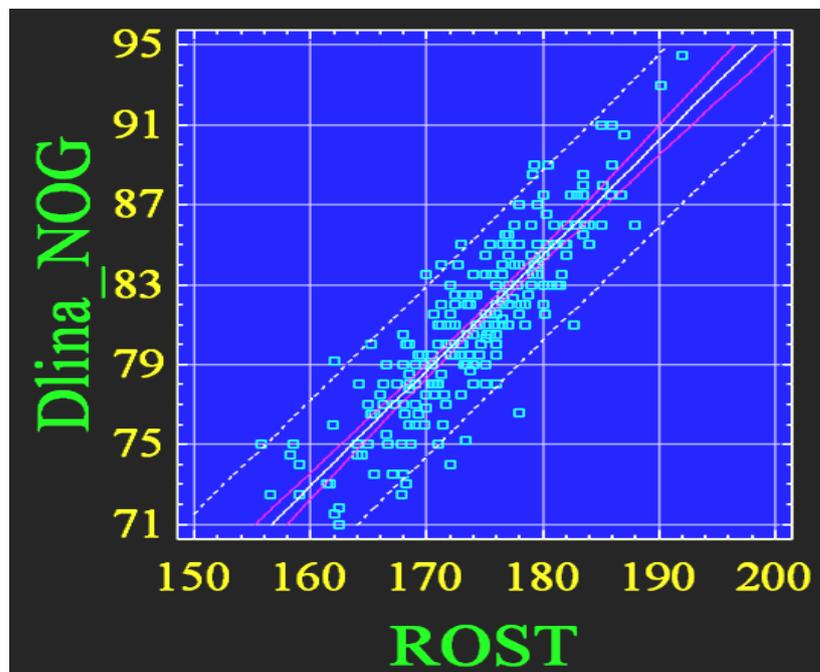


Рисунок 32 – Модель плотности распределения значений показателя длина ноги по внутренней поверхности относительно роста

Таблица 7 – Параметры взаимосвязи показателя T27 от T1

Коэффициент корреляции	0,8638
Коэффициент регрессии	0,587
Коэффициент детерминации	0,75
Уравнение регрессии	$T27 = -21,3158 + 0,587 \cdot T1$

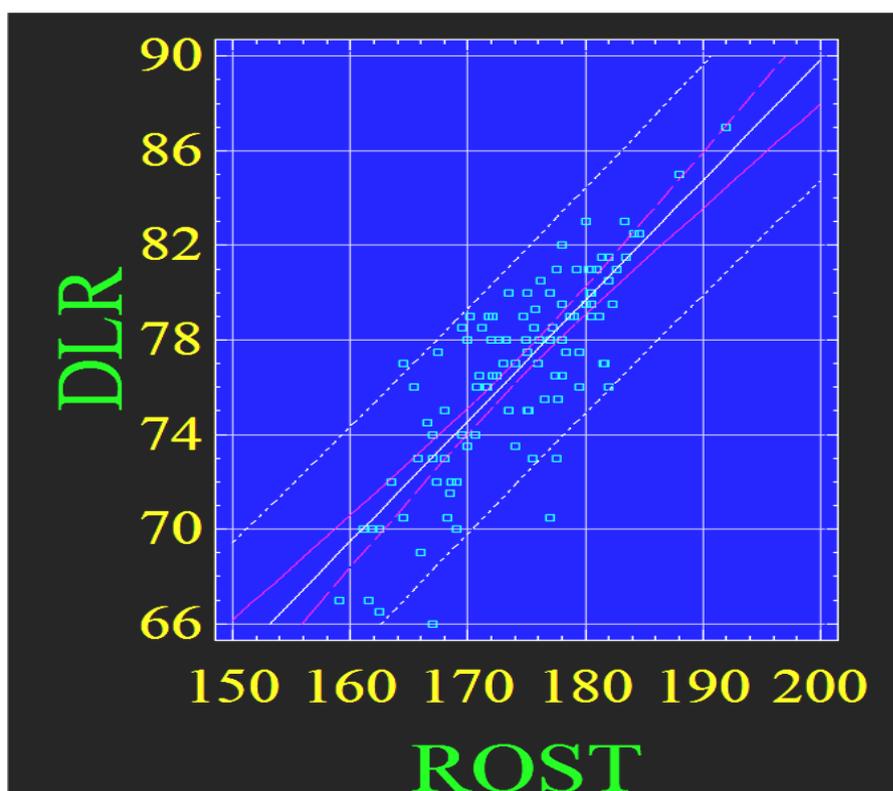


Рисунок 33 – Модель плотности распределения значений показателя длина руки до линии обхвата запястья относительно роста

Таблица 8 – Параметры взаимосвязи показателя T68 от T1

Коэффициент корреляции	0,805
Коэффициент регрессии	0,509
Коэффициент детерминации	0,65
Уравнение регрессии	$T68 = -11,9175 + 0,509 \cdot T1$

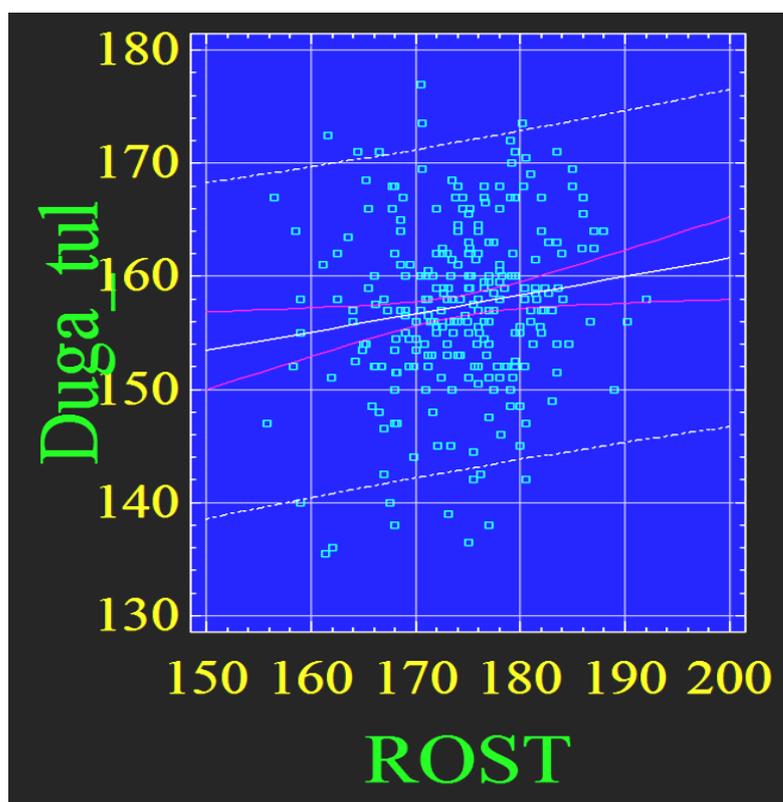


Рисунок 34 – Модель плотности распределения значений показателя T207 относительно роста

Таблица 9 – Параметры взаимосвязи показателя T207 от T1

Коэффициент корреляции	0,145
Коэффициент регрессии	0,164
Коэффициент детерминации	0,1
Уравнение регрессии	$T207 = 128,846 + 0,16386 T1$

В связи с этим, была проанализирована взаимосвязь между дугой туловища вертикальной и обхватом груди III. Как показал анализ, дуга T207 с обхватом груди T16 связана сильнее, чем с ростом (Рисунок 35, Таблица 10). Но коэффициенты корреляции и детерминации все равно достаточно малы и не достаточны для полноценной точной модели. Поэтому для описания модели зависимости дуги туловища вертикальной от ведущих размерных признаков было применено уравнение множественной регрессии, в котором были учтены зависимость признака T207 как от обхвата груди III, так и от роста. Данное уравнение позволило добиться более точного результата (Таблица 11).

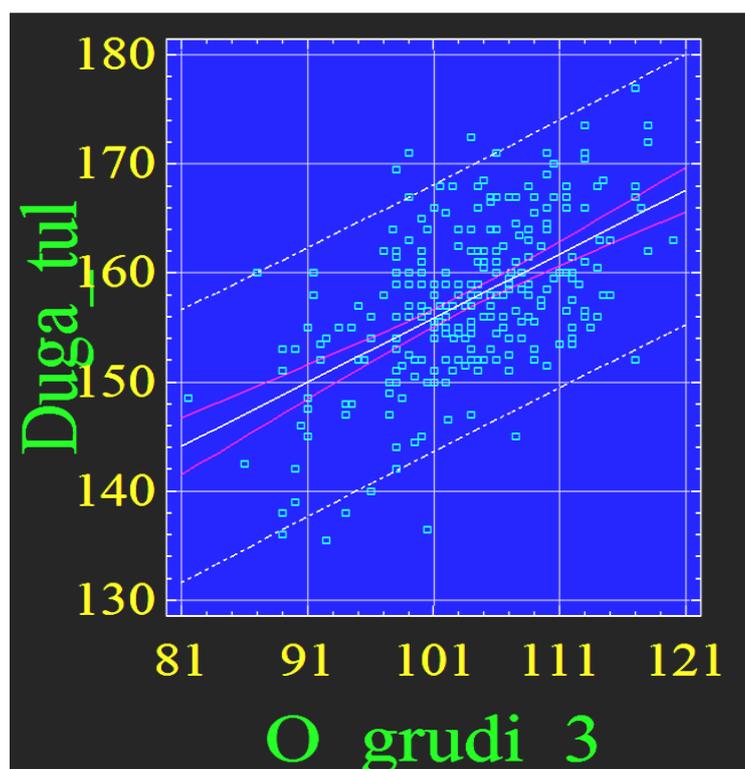


Рисунок 35 - Модель плотности распределения значений показателя T207 относительно обхвата груди III

Таблица 10 – Параметры взаимосвязи показателя T207 от T16

Коэффициент корреляции	0,547
Коэффициент регрессии	0,588
Коэффициент детерминации	0,35
Уравнение регрессии	$T207 = 96,4714 + 0,588 T16$

Таблица 11 – Параметры взаимосвязи показателя T207 от T16

Коэффициент детерминации	0,53
Уравнение регрессии	$T207 = 75,0384 + 0,164 T1 + 0,578735 T16$

На основании составленных моделей и уравнений составлена таблица значений вспомогательных размерных признаков (Таблица 12).

Таблица 12– Значения вспомогательных размерных признаков для типовых фигур
В сантиметрах

Рост	Обхват груди Ш	Дуга туловища вертикал	Длина ноги по внутренней поверхности	Длина руки до линии обхвата запястья
164 (161-167)	88-92	150,2	75,0 (73,2-76,7)	71,6 (70,0-73,1)
	92-96	152,5		
	90-100	154,9		
	100-105	157,8		
170 (167-173)	88-92	151,0	78,5 (76,7-80,2)	74,6 (73,1-76,1)
	92-96	153,3		
	96-100	155,7		
	100-105	158,6		
	105-110	161,5		
	110-115	164,5		
176 (173-179)	96-100	156,4	82,0 (80,2-83,8)	77,7 (73,1-76,1)
	100-105	159,4		
	105-110	162,3		
	110-115	165,3		
182 (179-185)	100-105	160,1	85,5 (83,8-87,3)	80,7 (79,2-82,2)
	105-110	163,1		
	110-115	166,0		

Из таблицы 12 видно, что длина руки в пределах одного роста изменяется на 3 см, в связи с этим, при применении не эластичных трубчатых воздухопроводов, целесообразно ввести две длины воздухопроводов рук с разницей в 1,5 см. Это позволит добиться расположения законцовок воздуховода руки на нужном месте. С воздухопроводами ног в подобной мере нет необходимости, т.к. трубки в стопе жестко фиксируются рассеивающими коллекторами стопы.

На основании полученной информации, определено оптимальное количество типовых размеров для проектирования вентиляционного костюма – 17 размеров. По данным, представленным в таблице 12, может быть разработана схема градации для размножения лекал изделия на все выбранные размеры.

3.4 Разработка методики конструирования бельевого комбинезона вентиляционного костюма

Бельевой комбинезон ВК должен соответствовать высоким требованиям эргономичности и гигиеничности, а так же быть основой для надежной фиксации элементов системы принудительной вентиляции. В отличие от других видов спецодежды, требования эргономичности к бельевому комбинезону ВК складываются исходя из условий его эксплуатации в составе снаряжения летчика или космонавта:

- для изготовления бельевого комбинезона должны использоваться современные текстильные материалы, отвечающие комплексу требований, рассмотренному выше (см. раздел 3.2);

- бельевой комбинезон должен быть как «вторая кожа» для обеспечения расположения элементов системы вентиляции по ЛНД и лучшего впитывания и отвода перспирации человека;

- изделие не должно сковывать движение человека, особенно при выполнении рабочих обязанностей;

- на бельевой комбинезон должна крепиться система вентиляции, и при этом внешний вид и качество изделия не должны ухудшаться.

Указанные требования, которым должен отвечать бельевой комбинезон вентиляционного костюма, определяют следующие особенности его конструкции:

- конструкция костюма должна быть разработана с учетом свойств функционального трикотажного полотна;

- конструктивные прибавки должны быть минимально необходимыми, учитывать степень растяжимости трикотажного полотна

- в конструкции должны быть учтены дополнительные динамические прибавки, не свойственные повседневной одежде, связанные с особенностью расположения летчика/космонавта на рабочем месте;

- число конструктивных членений модельной конструкции должно быть минимальным поскольку имеются накладные детали, предназначенные для креп-

ления элементов системы вентиляции, а учитывая склонность трикотажа к прорубанию иглой, лучше избегать накладывания нескольких швов друг на друга. С целью минимизации числа конструктивных членений формообразование следует проектировать за счет растяжимости трикотажного полотна;

- для обеспечения эргономических и функциональных параметров проектируемый костюм должен иметь в своей конструкции ряд дополнительных функциональных элементов, которые будут устанавливаться на модельную конструкцию преимущественно путем настрачивания.

В настоящий период времени разработано достаточно большое количество методик конструирования одежды разного покроя и для различных видов текстильных материалов [81-85]. В большинстве своем методики конструирования трикотажных изделий основываются на принципах конструирования одежды из тканей. В качестве исходных данных, так же как и для изделий из тканей, используются размерные признаки типовых фигур и прибавки. Построение конструкции трикотажных изделий осуществляется в два этапа: построение чертежа основы и разработка конструкции конкретной модели на этом чертеже. Подобно изделиям из тканей для создания объемной формы изделий из трикотажа применяют те же способы формообразования: вытачки в области груди, посадку по плечевому срезу спинки, а иногда и в верхней части бокового среза. Особенности проектирования изделий из трикотажных полотен проявляются в основном при выборе величин прибавок, которые тесно взаимосвязаны со свойствами трикотажа [86].

Но известные методики не в полной мере учитывают такое свойство трикотажного полотна, как эластичность (растяжимость) и не рассматривают создание бельевого комбинезона плотного облегания. Так в методике ВДМТИ и расчетно-мерочном методе учитывается условно-остаточная деформация трикотажного полотна в виде отрицательной прибавки (Под) [82], но это не дает точного результата при конструировании, поскольку не позволяет получать необходимую степень прилегания изделия к телу человека за счет растяжимости трикотажного полотна. В ряде методик конструирования трикотажных изделий используются коэффициенты, которые применяются в расчетных формулах для пересчета длин

конструктивных участков в зависимости от степени растяжимости трикотажного полотна. Однако эти коэффициенты не взаимосвязаны с величиной конструктивных прибавок, что не позволяет в полной мере использовать растяжимость трикотажного полотна для сокращения элементов конструктивного формообразования.

Степень растяжимости трикотажного полотна определяет габаритные размеры деталей изделия, конструктивные особенности (например, возможность создания облегających изделий без выточек), является определяющим фактором при выборе прибавок на свободное облегание изделия. Величины прибавок обратно пропорциональны степени растяжимости: чем больше степень растяжимости полотна, тем меньше величины прибавок на свободное облегание.

При конструировании стана комбинезона необходимо ввести дополнительные динамические прибавки к длине изделия, не используемые в известных методиках конструирования. Это связано с тем, что при размещении человека в рабочей позе в амортизационном кресле (поза «эмбриона») значительно увеличивается длина от высшей точки плечевого сустава до плоскости сидения (в среднем на 10%) [76]. Поэтому при расчете соответствующего конструктивного отрезка, длины среднего среза задней половинки брюк, следует использовать дополнительную динамическую прибавку. Нами экспериментально было установлено, что значение указанной динамической прибавки должно составлять $4 \div 6$ см, в зависимости от размера изделия (чем больше размер, тем больше должна быть прибавка).

Для изготовления бельевого костюма выбрано трикотажное полотно I группы растяжимости (группа растяжимости определена согласно ГОСТ 31409-2009, [87]). Эта группа растяжимости представляет собой формоустойчивые полотна с малорастяжимым переплетением [88, 89], поэтому конструктивное решение изделия из выбранного трикотажа может быть аналогично конструктивному решению изделий из ткани. При разработке методики конструирования бельевого комбинезона было принято решение взять за основу принцип построения БК, заложенный в методике ЕМКО СЭВ. Одной из отличительных особенностей предлагаемой нами методики является то, что все этапы конструирования выполняют

ся с учетом степени растяжения трикотажного полотна, при этом от величины допустимого растяжения трикотажа зависит величина конструктивной прибавки. Для этого при расчете параметров изделия предложено использовать коэффициенты сужения K_x и относительного удлинения K_y .

Коэффициент сужения K_x , или относительная деформация удлинения полотна вдоль петельных рядов при одноосном поперечном растяжении, показывает, насколько необходимо заузить конструкцию деталей изделия по ширине, чтобы оно в готовом виде обеспечило требуемые облегание, размеры и форму. K_x следует определять по формуле:

$$K_x = 1 - \left(\frac{x_1 - x_2}{x_1} \right), \quad (12),$$

где x_1 – размеры образца в поперечном направлении полотна до воздействия нагрузки, мм; x_2 – размеры образца в поперечном направлении полотна во время воздействия нагрузки, мм.

Зная K_x , можно рассчитать поперечные размеры детали трикотажного изделия:

$$Ш_{издi} = (T_i + П) * K_x, \quad (13),$$

где $Ш_{издi}$ – ширина изделия на i -м участке, см; T_i – величина i -го размерного признака, см; $П$ – прибавка для рассчитываемого участка (складывается из минимально необходимой величины прибавки и величины динамической прибавки, связанной с особенностью движений, выполняемых летчиком/космонавтом во время работы в снаряжении).

Заужая конструкцию по ширине, необходимо помнить о том, что растягиваясь по ширине трикотажные полотна, как правило, сокращаются по длине. Для сохранения продольных размеров трикотажные изделия следует проектировать с учетом *коэффициента относительного удлинения K_y* , соответствующего значению K_x :

$$K_y = 1 - \left(\frac{y_1 - y_2}{y_1} \right), \quad (14),$$

где y_1 – размеры образца в продольном направлении до воздействия нагрузки, мм; y_2 – размеры образца в продольном направлении во время воздействия нагрузки, мм.

Тогда размеры детали одежды по длине ($D_{издi}$) можно рассчитать по формуле:

$$D_{издi} = (T_i + П) * K_y, \quad (15).$$

Практическое применение коэффициентов K_x и K_y , при многосерийном производстве и частой смене материала затруднено из-за необходимости экспериментального установления их величин для каждого материала. Но т.к. производство спецодежды отличается постоянным ассортиментом и редкой сменой материала, использование данных коэффициентов при построении конструкции является целесообразным с целью повышения качества посадки.

Учитывая эластичность трикотажного полотна, при построении конструкции бельевого комбинезона следует минимизировать конструктивное формообразование, поэтому мы предлагаем проектировать среднюю линию спинки без отклонений и отведений, а так же не вводить вытачку на выпуклость лопаток. Поскольку в области талии комбинезон должен иметь вставку из более плотного материала, то целесообразно конструировать стан и брюки отдельно, что упростит задачу достижения балансового соответствия.

Рассмотрим подробнее сущность разработанной методики конструирования бельевого комбинезона вентиляционного костюма (Таблицы 13 – 17).

При построении БК бельевого комбинезона из трикотажного полотна по разработанной методике используются 26 размерных признака [90] (Таблица 13), прибавки (Таблица 14), а также поправочные коэффициенты, учитывающие растяжимость трикотажного полотна, которые рассчитываются индивидуально для каждого вида трикотажа (см. формулы 12 и 14).

Таблица 13 – Размерные признаки, необходимые для конструирования БК бельевого комбинезона ВК

№ п/п	Измерение		
	Номер РП	Наименование измерения	Условное обозначение
1	2	3	4
Измерения для построения плечевой поверхности			
1	1	Рост	Р
2	13	Обхват шеи	Ош
3	16	Обхват груди третий	Ог3

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
4	18	Обхват талии	От
5	31	Ширина плечевого ската	Шп
6	-	Длина середины переда (Длина от яремной выемки до талии спереди)	ДСрп
7	38	Дуга через высшую точку плечевого сустава	Дп
8	39	Высота проймы сзади (от шейной точки до линии Ог1 и Ог2)	Вп.р.з.
9	40	Длина спины до талии (от шейной точки с учётом выступа лопаток)	Дт.с
10	45	Ширина груди	Шг
11	47	Ширина спины	Шс
12	57	Переднезадний диаметр руки	дп.з.р
Измерения для построения рукава			
13	28	Обхват плеча	Оп
14	29	Обхват запястья	Оз
15	31	Ширина плечевого ската	Шп
16	32	Длина руки до локтя от шейной точки	Длуч
17	33	Длина руки до запястья от шейной точки	Дзап
Измерения для построения брюк			
18	1	Рост	Р
19	7	Высота линии талии	Вл.т
20	8	Высота остистоподвздошной передней точки	Вопт
21	9	Высота коленной точки	Вк
22	12	Высота подъягодичной складки	Вп.с.
23	18	Обхват талии	От
24	19	Обхват бёдер с учётом выступа живота	Об
25	22	Обхват колена	Ок
26	25	Расстояние от линии талии до пола сбоку	Дсб
27	26	Расстояние от линии талии до пола спереди	Дсп
28	27	Длина ноги по внутренней поверхности	Дн
29	24	Обхват щиколотки	Ощ

Таблица 14 – Рекомендуемые прибавки для расчёта БК бельёвого комбинезона

№ п/п	Условное обозначение	Участок	Величина, см	Примечание
Стан				
1	ПС	11-41	1,0...2,0	
2	ПС	11-31	0,5...1,5	
3	Побщ		1...4	Для группы малых размеров (84-100) рекомендуемая прибавка 0..2 см , для группы больших размеров(104 и более) – 2...4 см
4	ПС	47-17	0,5...1,5	
5	ПС	33-13	0,2...0,5	
6	ПС	35-15	0,2...0,5	
7	П	33-331	2,5	
8	П	35-351	2,5	
9	a ₁₈	351-346	1,0	
10	a ₁₉	331-332	1,5	
11	a ₂₁	351-352	1,0	
12	ПС	11-12	0...0,5	
13	ПС	12-121	0,3...1,2	
14	ПС	161-16	0,4	
Рукав				
15	Поп	341'-341''	5,5	
16	Пок		1,0	Общая прибавка к длине оката
17	Пвок	346-14'	4,0	
18	Пдр	19-94	1,0	
19	Пд.р.лок.	16-44	0,5	
20	Пзап	94'-94''		По модели
Брюки				
21	ПТ	41-45	0,2	
22	П	51-57	1,5	ПС=1,0 и ПТ=0,54
23	ПТ	44'-940	1,1	
24	ПТ	940-64	0,8	
25	ПТ	940-74	0,5	
26	ПС	940-94	3,0	
27	П	51-58	1,1	ПС=1,0 и ПТ=0,1
28	П	57-58'	0,6	ПС=0,5 и ПТ= 0,1
29	ПТ	72-78	0,1	ПС определяются по модели
30	ПТ	76-741'	0,1	ПС определяются по модели
31	ПТ	92-98	0,1	ПС определяются по модели
32	ПТ	96-941'	0,1	ПС определяются по модели

Базисная сетка чертежа

Расчет и построение конструкции бельевого комбинезона начинается с построения базисной сетки чертежа (Рисунок 36). При построении базисной сетки используется общепринятый принцип: горизонтали и вертикали базисной сетки чертежа располагают в соответствии с основными размерными признаками фигуры с учётом прибавок к ним. Для обозначения конструктивных точек взята цифровая система, разработанная в ЕМКО СЭВ. Параметры базисной сетки чертежа стана комбинезона определяются с использованием расчётных формул 1-ого вида (Таблица 15) [81, 83].

Построение базисной сетки начинается с построения основной (задней) вертикали /11-41/, длина которой определяется длиной спинки от шейной точки до линии талии $((Дт.с.+ПС)*K_y)$. На ней откладывается основная горизонталь – линия груди /31-37/, проходящая на уровне заднего угла подмышечной впадины (Впр.з.). Линия груди состоит при этом из трех участков: ширины спинки /31-33/= $((0,5Шс+0,3Побщ) K_x)$, ширины проймы /33-35/= $((дп.з.р.+0,5Побщ)*K_x)$ и ширины груди /35-37/= $((0,5Шг+0,2Побщ) K_x)$. В предлагаемой нами методике при расчёте всех продольных участков используется коэффициент K_y , учитывающий относительное удлинение детали, а при расчете поперечных значений используется коэффициент K_x , вводимый для сужения детали и обеспечения наилучшей посадки изделия.

Линия талии /41-47/ является и линией низа базовой конструкции стана бельевого комбинезона, т.к. далее, после построения базовой конструкции брюк (высота которых также до линии талии), будет производиться совмещение конструкции верхней и нижней частей комбинезона для получения модельной конструкции и лекал.

Построения плечевой горизонтали не требуется, а все конструктивные точки, необходимые для построения плечевых срезов и горловины, откладываются на соответствующих вертикалях. Так через т. 33 проводим вертикаль /13-331/, обозначающую вертикаль проймы спинки, и состоящую из двух отрезков: первый /33-13/ – определяется дугой через высшую точку плечевого сустава

$((0,5Дп+ПС)*K_y)$; второй /33-331/ – определяется конструктивной прибавкой на свободу движения. Через т. 35 аналогично проводится вертикаль, определяющая пройму переда /15-351/, и состоящую из двух отрезков: /35-15/ – определяемый дугой через высшую точку плечевого сустава $((0,44Дп+ПС)*K_y)$, и /35-351/ – конструктивная прибавка на свободу движения.

Высота середины горловины переда (т. 17) определяется через длину середины переда (от яремной выемки до линии талии спереди): /47-17/= $=((ДСп+ПС)*K_x)$. А боковая вертикаль /341-44/ (обозначающая боковой срез) определяется на линии проймы с небольшим смещением в сторону переда: /331-341/ = $0,55 /33-35/$.

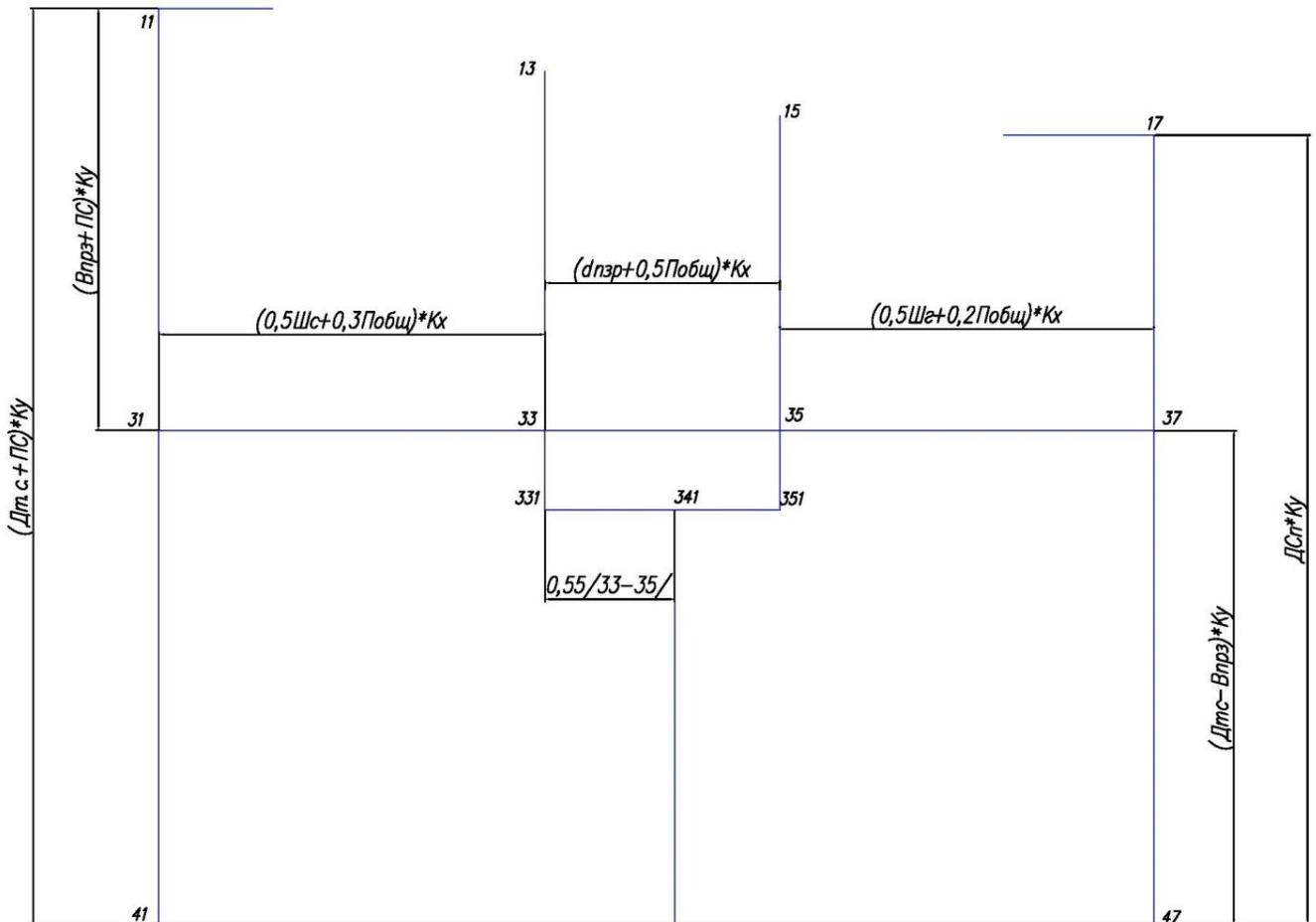


Рисунок 36 – Базисная сетка для построения верхней части бельевого комбинезона

Построение контуров спинки и переда

Построение верхних контурных линий. Верхними срезами конструкции являются пройма, горловина, плечевые срезы спинки и переда.

Пройма. Построение проймы начинается с построения её нижней части. Нижние углы проймы оформляются методом радиусографии. Для оформления заднего угла проймы находим вспомогательные точки, между которыми будет строиться дуга (т. 332 и т. 341) (Рисунок 37). Точка 341 уже получена при построении базисной сетки (Рисунок 36), а т. 332 располагается на вертикале /331-13/ на расстоянии $/331-332/=0,55/33-35/+a_{19}$. Получив исходные точки, оформляем задний угол проймы дугой, используя имеющиеся горизонтали и вертикали как опорные линии – направляющие.

Для оформления переднего угла проймы необходимо также определить опорные точки: т.352 на вертикали /351-15/ на расстоянии $/351-352/=0,45/33-35/-a_{21}$ и т. 346 на горизонтали /331-351/ на расстоянии $/351-346/=0,45/33-35/-a_{18}$. Опираясь на построенные точки и имеющиеся горизонталь и вертикаль, строится дуга между точками т.352 и т. 346.

Верхние участки проймы оформляются после построения плечевых срезов полочки и спинки, т.к. нам необходимы их конечные точки (т. 14 и т. 14”).

Горловина и плечевого срез спинки. Ширина горловины спинки /11-12/ рассчитывается, используя обхват шеи (Ош): $((0,18\text{Ош}+\text{ПС})\cdot K_x)$, также как и высота горловины /12-121/: $((0,08\text{Ош}+\text{ПС})\cdot K_y)$. Основание горловины /11-12/ строится перпендикулярно к средней линии спинки /11-41/ для обеспечения ровного горизонтального участка посередине горловины готовой спинки (длина участка /11-112/ определяется как $0,25\cdot/11-12/$). Отрезок высоты горловины /12-121/ откладывается перпендикулярно к основанию /11-12/. Далее оформляется криволинейный участок /112-121/ ровной лекальной линией.

Начальной точкой плечевого среза спинки является т. 121, полученная в ходе построения горловины спинки. Конечную точку плечевого среза (т. 14) получаем на пересечении двух радиусов: R121-14 и R332-13. Радиус /121-14/ равен

длине плечевого ската ($Шп \cdot K_y$), а радиус /332-13/ берется с чертежа – отрезок /332-13/.

Горловина и плечевой срез переда. Ширина горловины переда /17-161/ проектируется равной ширине горловины спинки /11-12/. Высота горловины переда /161-16/ рассчитывается, используя обхват шеи: $((0,195O_{ш} + ПС) \cdot K_y)$. Причем оба отрезка, аналогично спинке, строятся перпендикулярно: /17-161/ \perp /17-47/, а /161-16/ \perp /161-17/. Далее оформляется горловина переда дугой от т.17 до т.16.

Построение плечевого среза переда производится аналогично плечевому срезу спинки – конечная точка плечевого среза переда (т.14'') расположена на пересечении дуг двух радиусов: R352-15 и R121-14, отложенного из т. 16 (т.к. плечевые срезы должны быть одинаковой длины). Для построения плечевого среза необходимо соединить прямой линией две вершины: т.16 и т. 14''.

Учитывая положение точек 14 и 14'', которые являются верхними точками проймы, лекальными кривыми оформляются верхние участки контура проймы; угол между кривой верхнего участка проймы и плечевым срезом должен стремиться к 90° . Оформленный контур проймы проходит через точки 14, 332, 341, 352, 14'' (Рисунок 37).

Боковые срезы и вытачки на талии. Для оформления боковых срезов стана бельевого комбинезона необходимо рассчитать разность между шириной конструкции по линии груди и по линии талии: $((O_{г3} + П_{обш}) - (O_{т} + П_{обш})) \cdot K_x$. Полученная величина откладывается на линии талии равными долями от боковой вертикали /44-341/ , (/441-44/ = /44-441'/) (Рисунок 37). Боковые срезы оформляются лекальными линиями, учитывая при этом, что одноименные срезы спинки и переда должны быть симметричны относительно вертикали /341-44/.

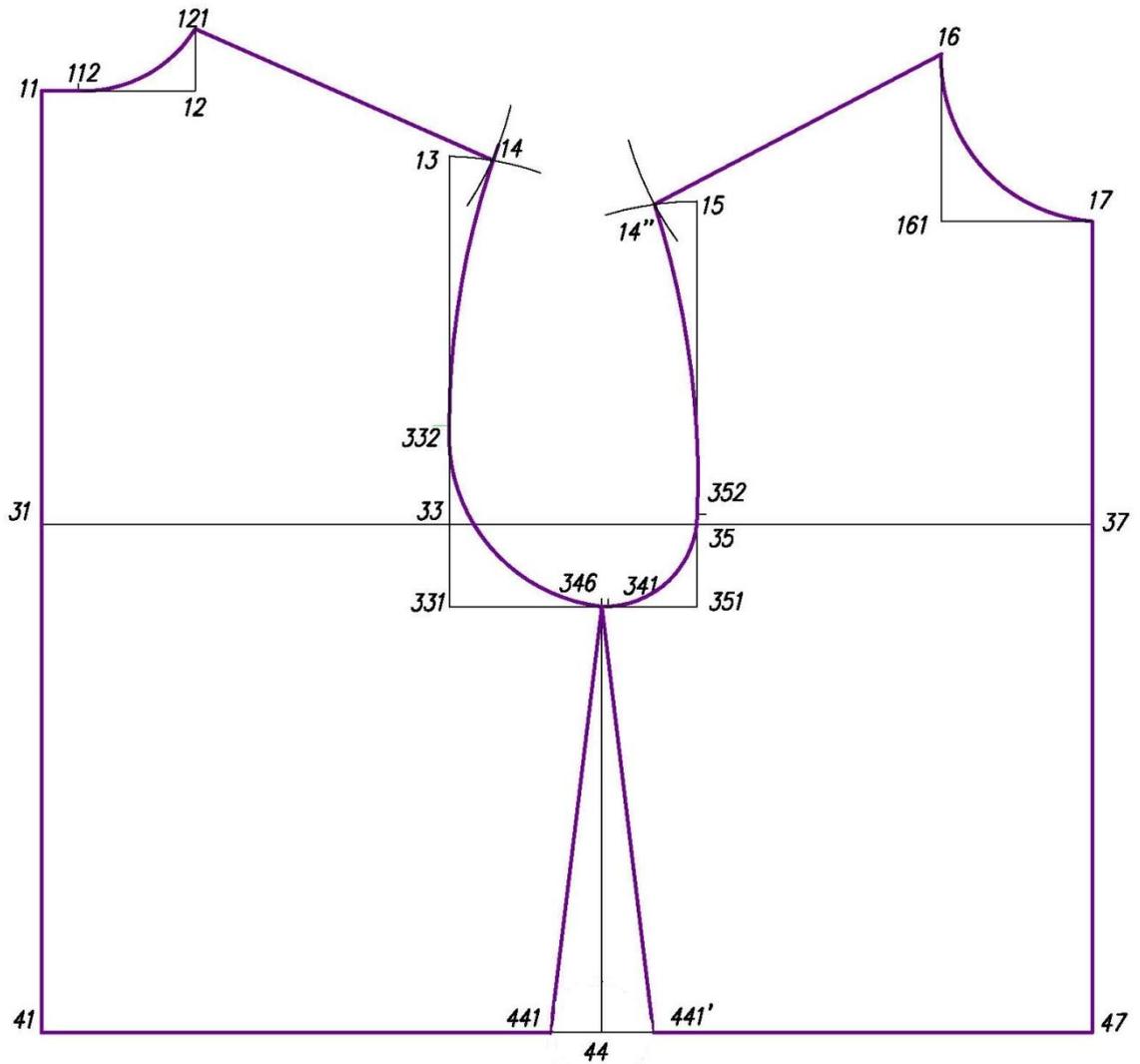


Рисунок 37 – Базовая конструкция стана бельевого комбинезона

Таблица 15 - Расчет базовой и модельной конструкции стана мужского бельевого плечевого изделия (182-100-82), при $K_x = 0,81$, $K_y = 1,03$

№	Конструктивный отрезок	Расчетная формула	Значение прибавки, см	Значение конструктивного отрезка, см
1	2	3	4	5
1	11-41	$(T40 + ПС) * K_y$	1,0	47,0
2	11-31	$(T39 + ПС) * K_y$	1,0	20,9
3	31-33	$(0,5T47 + 0,3\Pi_{общ}) * K_x$	2,0	20,5
4	33-35	$(T57 + 0,5\Pi_{общ}) * K_x$	2,0	12,0
5	35-37	$(0,5T45 + 0,2\Pi_{общ}) * K_x$	2,0	19,2
6	31-37	$/31-33/+/33-35/+/35-37/$	-	K
7	37-47	$(T40 - T39) * K_y$	-	24,8
8	47-17	$(ДСрп + ПС) * K_y$	-	39,6

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5
9	33-13	$(0,5T38 + ПС) * K_y$	0,2	18,0
10	35-15	$(0,44T38 + ПС) * K_y$	0,2	15,8
11	33-331	$П * K_y$	2,5	3,0
12	35-351	$П * K_y$	2,5	3,0
13	331-341	0,55/33-35/	-	7,7
14	351-346	0,45/33-35/ - a_{18}	1,0	3,6
15	331-332	0,55/33-35/ + a_{19}	1,5	8,0
16	Дуга 341-332	$R = 0,55/33-35/ + a_{19}$	1,5	К
17	R332-13	К	-	К
18	351-352	0,45/33-35/ - a_{21}	1,0	4,6
19	Дуга 346-352	$R = 0,45/33-35/ + a_{21}$	1,0	К
20	R352-15	К	-	К
21	11-12	$(0,18T13 + ПС) * K_x$	0,2	7,3
22	11-112	0,25 /11-12/	-	1,8
23	12-121	$(0,08T13 + ПС) * K_y$	0,3	3,2
24	Дуга 121-112	Лекальная линия	-	К
25	R13-332	К	-	К
26	R121-14	$R=T31 * K_{xy}$	-	15,8
27	Дуга 332-14	Лекальная линия	-	К
28	17-161	/11-12/	-	7,5
29	161-16	0,195T13 + ПС	0,4	7,9
30	Дуга 16-17	Лекальная линия	-	К
31	R15-352	К	-	К
32	R16-14''	121-14	-	14,7
33	Дуга 352-14''	Лекальная линия	-	К
34	47_470	$((T16 + П_{общ}) - (T18 + П_{общ})) * K_x$	2,0	5,0
35	441-44 = 44-441'	0,5*/47_470/	-	2,5

РУКАВ. Базовая конструкция

Построение рукава начинается с построения оката. Для этого необходимо определить основные исходные параметры: ширину оката (Шок), высоту оката (Вок) и длину оката (Док) (Таблица 16). Ширина оката определяется через антропометрический параметр обхват плеча (Оп): Шок = Оп + Поп. Высота оката определяется на чертеже готовой проймы стана в соответствии с высотой проймы замкнутой (Впр.з.) с учетом отрицательной прибавки, поскольку проектируемое из-

делие относится к бельевой группе: $Вок = Впр.з. - 2,0 \dots 4,5$ см. Длина оката равна длине проймы с учетом прибавки на посадку рукава (Пок), но так как трикотажное полотно растяжимо, и изделие относится к первому слою одежды, данная прибавка должна быть минимальной: $0 \dots 2,0$ см, в зависимости от степени растяжимости трикотажа.

Получив исходные параметры, переходим непосредственно к построению оката рукава (Рисунок 38). Полученная величина Шок ($341' - 341''$) откладывается на горизонтали основания проймы $/351 - 331/$, причем так, чтобы центры отрезков $/341' - 341''/$ и $/351 - 331/$ совпали (т.34). Так же необходимо скопировать нижние участки проймы $/332 - 346/$ и $/346 - 352/$, соответствующие I и IV участкам оката, при этом I участок $/346 - 352/$ в зеркальном отображении необходимо пристроить к т. $341'$, а IV участок $/332 - 346/$ – к т. $341''$. Далее необходимо отложить вниз по дуге от т. $332''$ $1/3$ участка IV, в результате получена т. $342''$, к которой строится касательная для дальнейшего построения верхнего участка оката. Точка $342'$ получается аналогичным образом, путем откладывания по дуге вниз от т. $352''$ $1/4$ участка I. К ней также строится касательная.

Следующий этап конструирования – построение верхних участков проймы. Сначала определяется ориентировочное положение высшей точки оката рукава (т.14). Для ее определения строится перпендикуляр из т. 346 : $/346 - 14/ = Вок$. Далее строится верхний участок оката – гладкая лекальная линия основываясь на имеющихся касательных и высшей точке оката рукава (т.14), длина лекальной линии оката должна равняться сумме соответствующим участкам проймы и прибавки Пок: $/332 - 14/ + /342'' - 332''/ + /353 - 14''/ + /342' - 352''/ + П_{ок}$.

Построенная линия оката рукава должна быть сопоставлена с длиной проймы, проверена величина фактической прибавки к длине оката и ширине рукава вверху. Положение т. $332'$ и $352'$ определяется, отложив длины участков $/342'' - 332''/$ и $/342' - 352''/$ от точек $342''$ и $342'$ соответственно на лекальной линии оката рукава. Данные точки необходимы как контрольные точки (монтажные надсечки) для последующей установки рукава в пройму.

Далее уточняется положение плечевой точки оката рукава (т. 14') для точной стыковки верхней точки оката рукава с плечевым швом изделия. Для этого отдельно промеряются II (352-14'') и III (332-14) участки проймы и откладываются полученные величины на окате рукава от точек 352' и 332' соответственно с учетом прибавки на посадку 0,6Пок к III участку проймы и 0,4Пок ко II участку; на месте их пересечения отмечается т. 14'. При необходимости нужно выполнить корректировку кривизны верхних участков оката, чтобы т. 14' была наивысшей.

Таблица 16 - Расчет базовой конструкции одношовного рукава из трикотажного полотна (182-100-82), при $K_x = 0,81$, $K_y = 1,03$

№	Конструктивный отрезок	Расчетная формула	Значение конструктивного отрезка (значение прибавки), см	Пояснение
1	341'-341''	$T28 + П_{оп}$	37,5 (5,5)	Ширина оката (Шок)
2	Док	$Дпр + П_{ок}$	51,0 (1,0)	
3	346-14'	$T39 - 2 \dots 4,5$	16,3 (4,0)	Высота оката (Вок), положение т.14 ориентировочное
4	341''-342''	К	К	
5	341'-342'	К	К	
6	342''-342'	$\frac{1}{332-14+}/\frac{1}{342''-332''} + \frac{1}{353-14''} + \frac{1}{342'-352''} + П_{ок}$	37,0 (1,0)	Лекальная линия через т.14'
7	342''-332'	$\frac{1}{342''-332''}$	4,4	Ставим надсечку
8	342'-352'	$\frac{1}{342'-352'}$	2,2	Ставим надсечку
9	332'-14'	$332-14 + 0,6П_{ок}$	15,2	Контроль т.14'
10	16-94	$(T33 - T31 + П_{д.р.}) * K_y$	63,0 (1,0)	т.16 – начало длины рукава, располагается на горизонтали, проходящей через плечевую точку 14'.
11	16-44	$(T32 - T31 + П_{д.р.лок}) * K_y$	35,0 (0,5)	
12	94'-94''	$(T29 + П_{зап}) * K_x$	18,0 (0)	94'-94 = 94-94''
13	341'-94' = 341''-94''	К	47,6	Прямая линия

На основе полученного оката выполняется построение остальной части рукава, при этом также используются коэффициенты K_x и K_y , учитывающие свойства трикотажного полотна. Длина рукава определяется путем вычитания от длины руки до линии запястья ширины плечевого ската $((Дзап. - Шп + П_{д.р.}) * K_y)$. Отрезок /16-94/ строится через т. 34 вниз от горизонтали, проходящей через т. 14'. На вертикали /16-94/ отмечается вспомогательная линия локтя: /16-44/ = (Длуч-

$\text{Шп} + \text{П}_{\text{д.р.лок}}) * K_y$. Ширина рукава внизу равна $(\text{T}29 + \text{П}_{\text{зап}}) * K_x$, при этом $\text{П}_{\text{зап}}$ определяется по модели, но так как проектируемое изделие должно иметь плотное прилегание по фигуре, то $\text{П}_{\text{зап}}$ принимаем равной нулю. Полученный отрезок /94'-94''/ откладывается, так чтобы /94'-94/ = /94-94''/ и /94'-94''/ \perp /16-94/. Срез нижнего шва рукава получается в результате соединения точек 341'-94' и 341''-94'' прямыми линиями (при этом /341'-94'/ = /341''-94''/). Направление долевой нити для раскроя следует определять, соединив т. 14' и середину среза низа рукава (т. 94) (Рисунок 38).

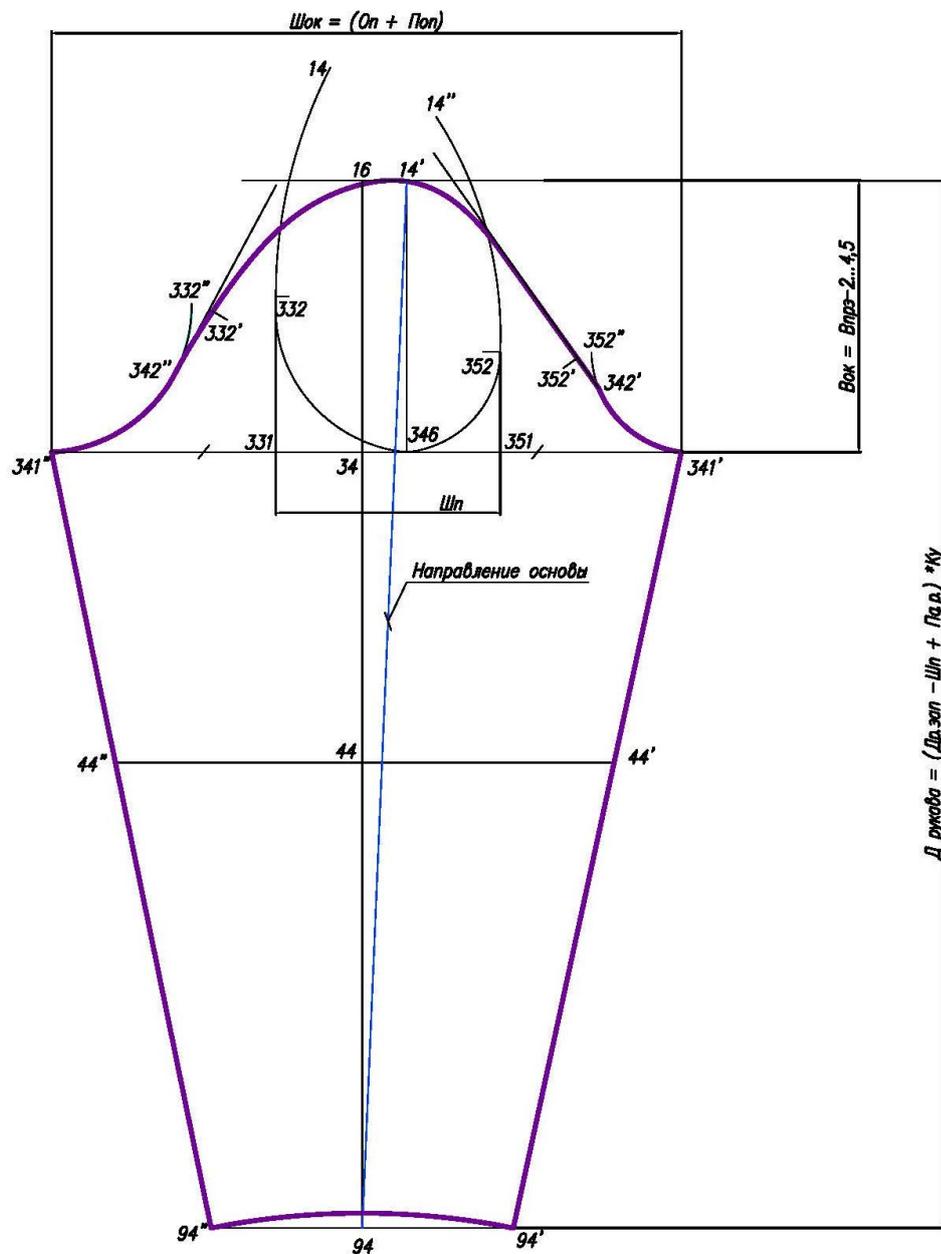


Рисунок 38 – Базовая конструкция рукава

Исходная модельная конструкция верхней части комбинезона

При проектировании изделий бельевого ассортимента, как правило, используют втачной рубашечный рукав. Но рубашечный покрой отличается тем, что имеется излишний материал на нижних участках узла пройма-окат, который закладывается в складки, что может отрицательно сказаться при эксплуатации изделия в качестве бельевой спецодежды. При установке на бельевой комбинезон системы вентиляции, не должно быть перекосов и смещения вентиляционных элементов в районе плечевого пояса, что неизбежно при свободной посадке рубашечного рукава. На основании этого, нами было принято решение для основы вентиляционного костюма использовать рукав покроя реглан, т.к. при правильном выборе модельных прибавок он обеспечивает плотное прилегание в области плечевого пояса и полностью повторяет его форму, не образуя складок и слабины. Также реглан будет более удобен при установке трубок системы вентиляции за счет отсутствия шва втачивания рукава, тем самым обеспечивая плавные переходы от плечевой опорной поверхности к руке.

Построение исходной модельной конструкции (ИМК) комбинезона с рукавом покроя реглан осуществляется методом пристраивания одношовного втачного рукава к стану изделия. Разделение одношовного рукава на переднюю и заднюю части выполняется по линии /14'-94/. Полученные детали пристраиваются к полочке и спинке (Рисунок 39), соблюдая правила построения конструкций с рукавом реглан [83].

Учитывая технологию сборки изделий из трикотажного полотна, а именно то, что трикотажное полотно имеет высокую растяжимость, и при стачивании длинных срезов велика вероятность перекоса, посадки/растяжения шва, верхний шов в рукаве реглан рекомендуется заменить вытачкой [82, 91, 92]. Для исключения верхнего шва следует выполнить соединение двух деталей рукава по этому шву. Плечевой шов оформляется вытачкой, длины сторон которой следует проверить, как и сопряженность линии горловины, получаемой при закрытии вытачки.

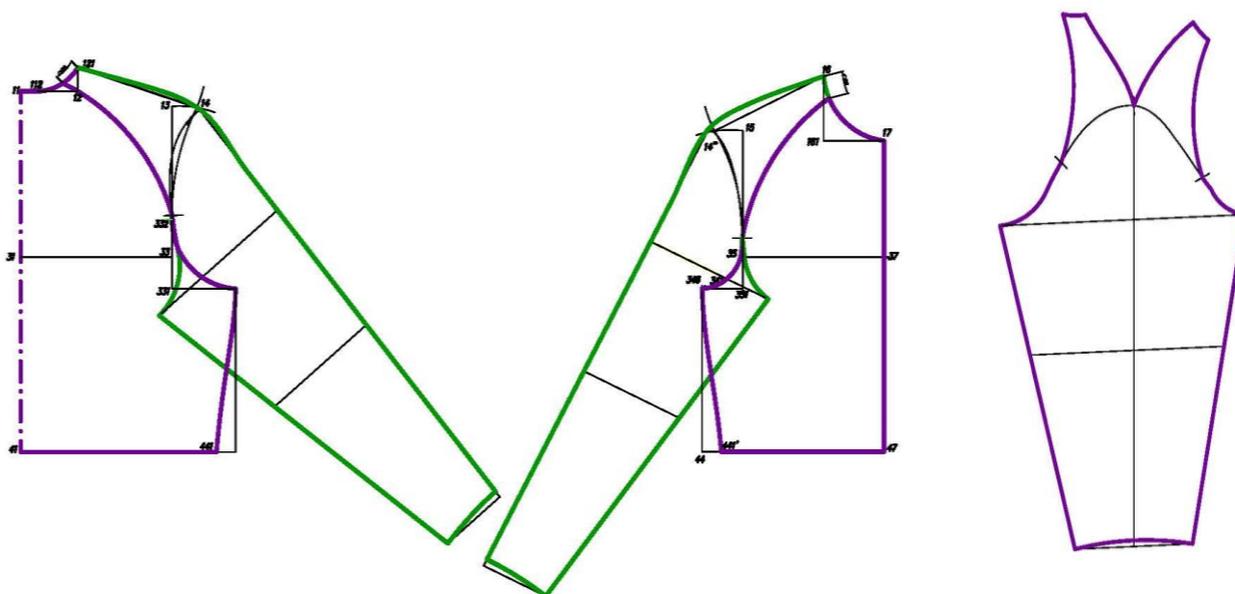


Рисунок 39 – ИМК верхней части комбинезона с рукавом покроя реглан

В качестве основы для разработки методики построения нижней части комбинезона – БК мужских брюк – нами взята методика ЕМКО СЭВ [81], которая была преобразована с учетом следующих требований к конструкции бельевого комбинезона:

- брюки должны плотно прилегать к фигуре человека на всех участках;
- длина изделия до щиколотки;
- брюки должны быть построены с учетом степени растяжимости трикотажного полотна.

С целью учета растяжимости трикотажного полотна также использованы коэффициенты K_x и K_y . Построение базовой конструкции брюк начинается с построения базисной сетки чертежа (Таблица 17 пп.1-16 и Рисунок 40), которое в свою очередь начинается с нахождения двух основных горизонталей: линии талии /41-47/ и линии бедер /51-57/. На этапе построения базовой сетки данные отрезки имеют равную длину: $(0,50b+П) * K_x$ и находятся друг от друга на расстоянии: $(0,65 (Влт-Впс)+ПТ-3,0) * K_y$. Боковая вертикаль расположена на расстоянии /51-54/=0,53/51-57/. Длина боковой вертикали /44'-940/ рассчитывается через расстояние от линии талии до пола спереди: /44'-940/=(Дсп.т.-6,0+ПТ) * K_y . Относительно положения линии низа (т. 940) строятся: уровень (горизонталь) подъягодичной складки (т.64), линия колен (т.74) и линия низа изделия (т.94).

Для построения линий середины передней и задней половинок брюк сначала необходимо найти вспомогательные точки 58 и 58' на горизонтали /51-57/:

$$/51-58/ = (0,665(0,206-2,0)+\Pi)*K_x$$
 и
$$/57-58'/ = (0,334(0,206-2,0)+\Pi)*K_x$$
.
 Относительно полученных точек определяется положение искомым вертикалей, проходящих через точки 52 и 56: $/58-52/ = 0,5(/51-58+/51-54/)$ и $/54'-56/ = 0,5(/57-58'+/54'-57/)$.

Далее определяется ширина брюк на уровне линии колена и по нижнему срезу. Ширина брюк откладывается от точки пересечения линии середины передней или задней половинки с соответствующей горизонталью (линией колена или линией низа). Ширина брюк на уровне линии колена рассчитывается через обхват колена: $/72-78/ = /72-741/ = (0,275*O_k + \Pi)*K_x$ и $/76-741' = /76-78'/ = (0,225*O_k + \Pi)*K_x$.
 А ширина брюк внизу рассчитывается через обхват щиколотки (т.к. проектируемое изделие относится к бельевой группе и имеет плотное прилегание к телу человека): $/92-98/ = /92-941/ = (0,275*O_{\text{щ}} + \Pi)*K_x$ и $/96-98' = /96-941' = (0,225*O_{\text{щ}} + \Pi)*K_x$.
 На этом построение базисной сетки окончено, следующий этап конструирования заключается в построении контуров передней и задней половинок брюк (Таблица 17 пп. 18-26 и Рисунок 40).

Оформление задней половинки брюк

Для построения шагового и бокового срезов задней половинки брюк нужно последовательно соединить точки 58-78-98-941-741-54 и выполнить корректировку: шаговый срез начинается от точки 68 (т. пересечения отрезка /58-78/ с горизонталью подъягодичной складки), а т. 44 – вершина бокового среза задней половинки брюк – находится на пересечении продленной линии /741-54/ с дугой радиусом /54-44'/.

Оформления средней линии задней половинки брюк выполняется следующим способом: находится положение вспомогательной т.551 на пересечении дуги радиусом /51-54/ и перпендикуляра из т. 54 (перпендикуляр к линии /741-44/), с помощью которой определяется положение вершины среднего среза задней половинки брюк – т. 411. Данная точка находится на пересечении двух дуг: первая ду-

га радиусом /54-51/ проводится из т. 44, вторая дуга радиусом /51-41/ проводится из т. 511.

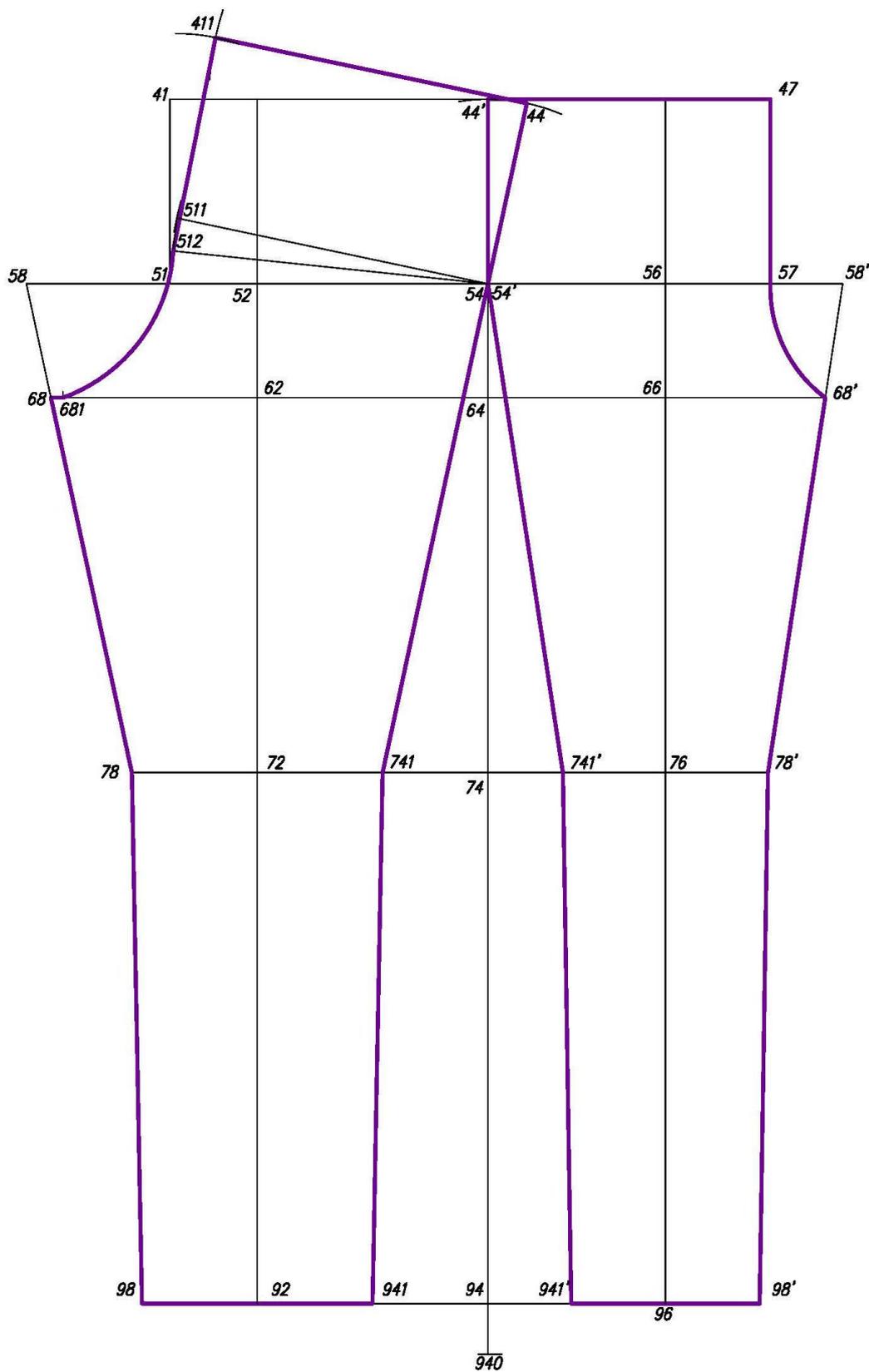


Рисунок 40 – Базовая конструкция брюк

Таблица 17 – Расчет базовой конструкции мужских брюк (182-100-82) из трикотажного полотна, при $K_x = 0,81$, $K_y = 1,03$

№	Отрезок	Расчетная формула	Значение прибавки, см	Значение конструктивного отрезка, см
1	41-51	$(0,65(T7-T12)+ПТ-3,0) * K_y$	0,15	15,7
2	51-57=44'-47	$(0,5T19+П) K_x$	1,5	50,6
3	51-54	0,53/51-57/	-	26,8
4	54'-57	0,47/51-57/	-	23,8
5	44'-940	$(T26-6,0+ПТ) * K_y$	1,1	100,8
7	940-64	$(T27+ПТ) * K_y$	0,8	81,4
8	940-74	$(T9+ПТ) * K_y$	0,2	49,5
9	940-94	0,04T1-ПС	3,0	4,3
10	51-58	$(0,665(0,2T19-2,0)+П) * K_x$	1,1	12,1
11	57-58'	$(0,335(0,2T19-2,0)+П) * K_x$	0,6	6,1
12	58-52	0,5(/51-58/+51-54/)	-	19,45
13	54'-56	0,5(/57-58'+/54'-57/)	-	14,95
14	72-78=72-741	$(0,275T22+П) * K_x$	0,1	10,6
15	76-741'=76-78'	$(0,225T22+П) * K_x$	0,1	8,6
16	92-98=92-941	$(0,275T24+П) * K_x$	0,1	7,7
17	96-941'=96-98'	$(0,225T24+П) * K_x$	0,1	6,3
18	54-44	54-44'	-	К
19	R54-511 (⊥)	54-51	-	К
20	R44-411	54-51	-	К
21	R511-411	51-41	-	К
22	51-512	0,5/51-511/	-	К
23	68-681	a ₃₁	-	1
24	681-512	Лекальная линия (дуга)	-	К
25	68'-57	Лекальная линия (дуга)	-	К

Затем находится положение еще двух вспомогательных точек: т.512 на середине отрезка /51-511/ и т. 681 на прямой /68-62/ на расстоянии /68-681/=1см. Через полученные точки выполняется оформление контуров верхнего и среднего срезов задней половинки брюк: /44-411/, /411-512/ и /68-681/ прямые линии, /512-681/ – лекальная дуга.

Оформление передней половинки брюк

Построение бокового и шагового срезов передней половинки брюк выполняется путем последовательного соединения точек 58'-78'-98'-941'-741'-54'-44'

для получения шагового и бокового срезов передней половинки брюк, при этом шаговый срез начинается от точки 68' (т. пересечения отрезка /58'-78'/ с горизонталью подъягодичной складки). Верхний срез представляет собой прямую линию /44'-47/'. Средний срез передней половинки брюк состоит из двух участков: прямой отрезок /47-57/ и лекальная дуга /57-68'/.

Выполнив все вышеописанные расчеты и построения, получаем базовую конструкцию мужских брюк из трикотажного полотна, на основе которой будет разработана модельная конструкция брюк бельевого комбинезона.

ИМК брюк бельевого комбинезона

Разработка исходной модельной конструкции начинается с определения величины заужения БК брюк по линии талии. Данная величина рассчитывается как разность между полуобхватом бедер и талии: $(0,5Oб+П) - (0,5Oт+П)$. Но при построении комбинезона длина верхнего слеза брюк должна быть равна длине нижнего среза стана комбинезона. Поэтому полученную величину корректируем с учетом данных, взятых с БК стана.

Согласно требованиям к проектируемому изделию необходимо минимизировать число швов, поэтому следует исключить из конструкции боковой шов, сделав модельную конструкцию только с шаговым швом. Это преобразование выполняется методом графического моделирования (Рисунок 41): обе половинки брюк следует повернуть так, чтобы отрезки /54-941/ и /54'-941'/ располагались вертикально; соединение двух деталей в одну осуществляется по указанным отрезкам. Далее полученная цельнокроеная деталь брюк заужается: по шаговому срезу в области колена на величину зазора между точками 741 и 741'; по среднему срезу на величину зазора в районе т. 64 и по верхнему срезу на величину необходимую, для достижения сопряженности со станом комбинезона. Полученные контуры модельной конструкции необходимо оформить плавными лекальными линиями и проверить их сопряженность.

Поскольку трикотажное полотно при растяжении на фигуре может становиться просвечивающим, то паховую область брюк необходимо дублировать, причем как спереди, так и сзади. Поэтому область шагового шва мы предлагаем

дублировать дополнительной ластовицей, контур которой строится на ИМК брюк (Рисунок 41).

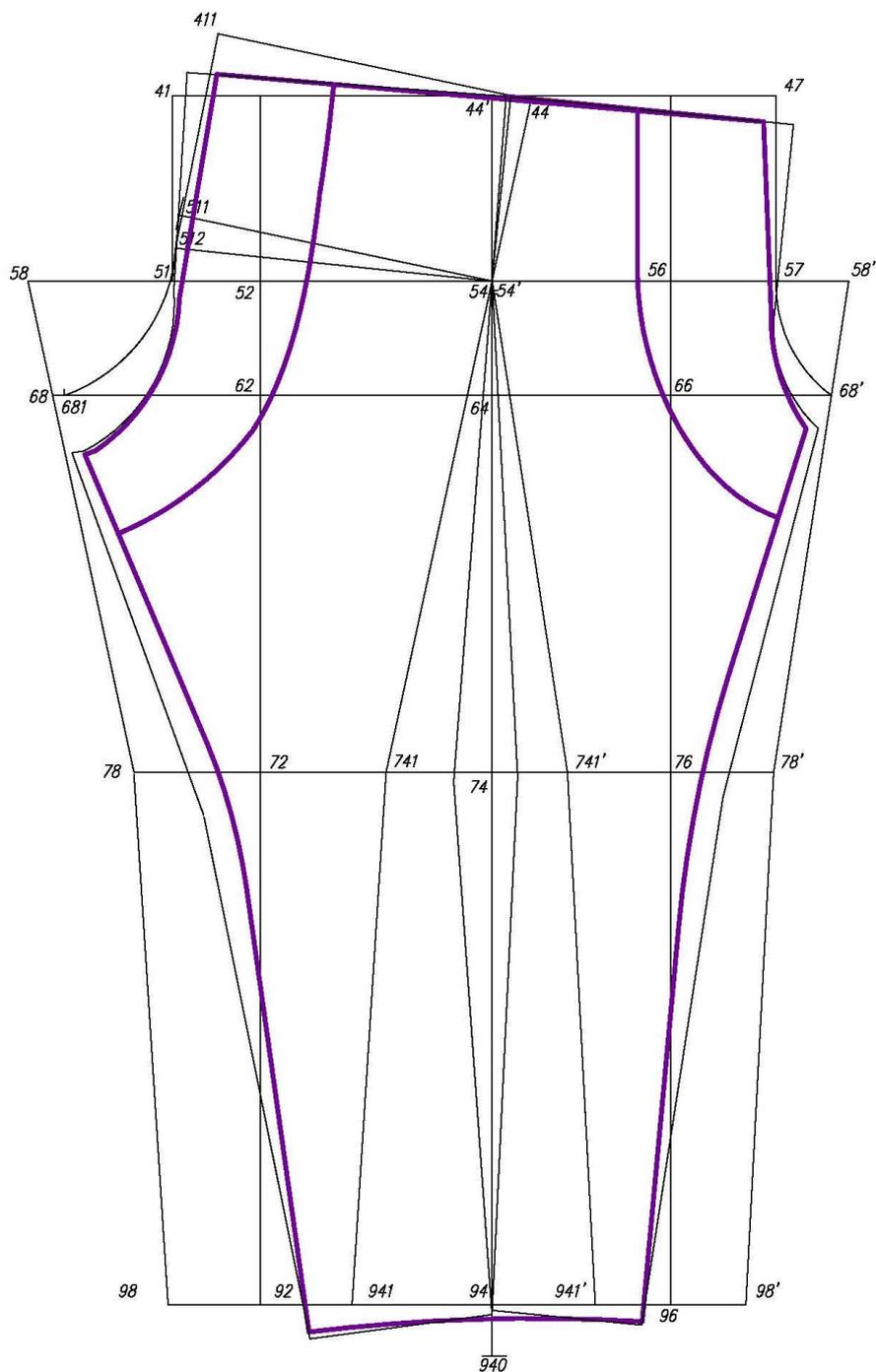


Рисунок 41 – Графическое преобразование БК брюк в одношовную исходную модельную конструкцию

Полученные конструкции брюк и стана необходимо соединить для получения ИМК комбинезона (Рисунок 42). На этом же этапе разработки конструкции мы предлагаем вводить дополнительную динамическую прибавку по длине спин-

ки для удобства расположения летчика и космонавта в рабочей позе в амортизационных креслах.

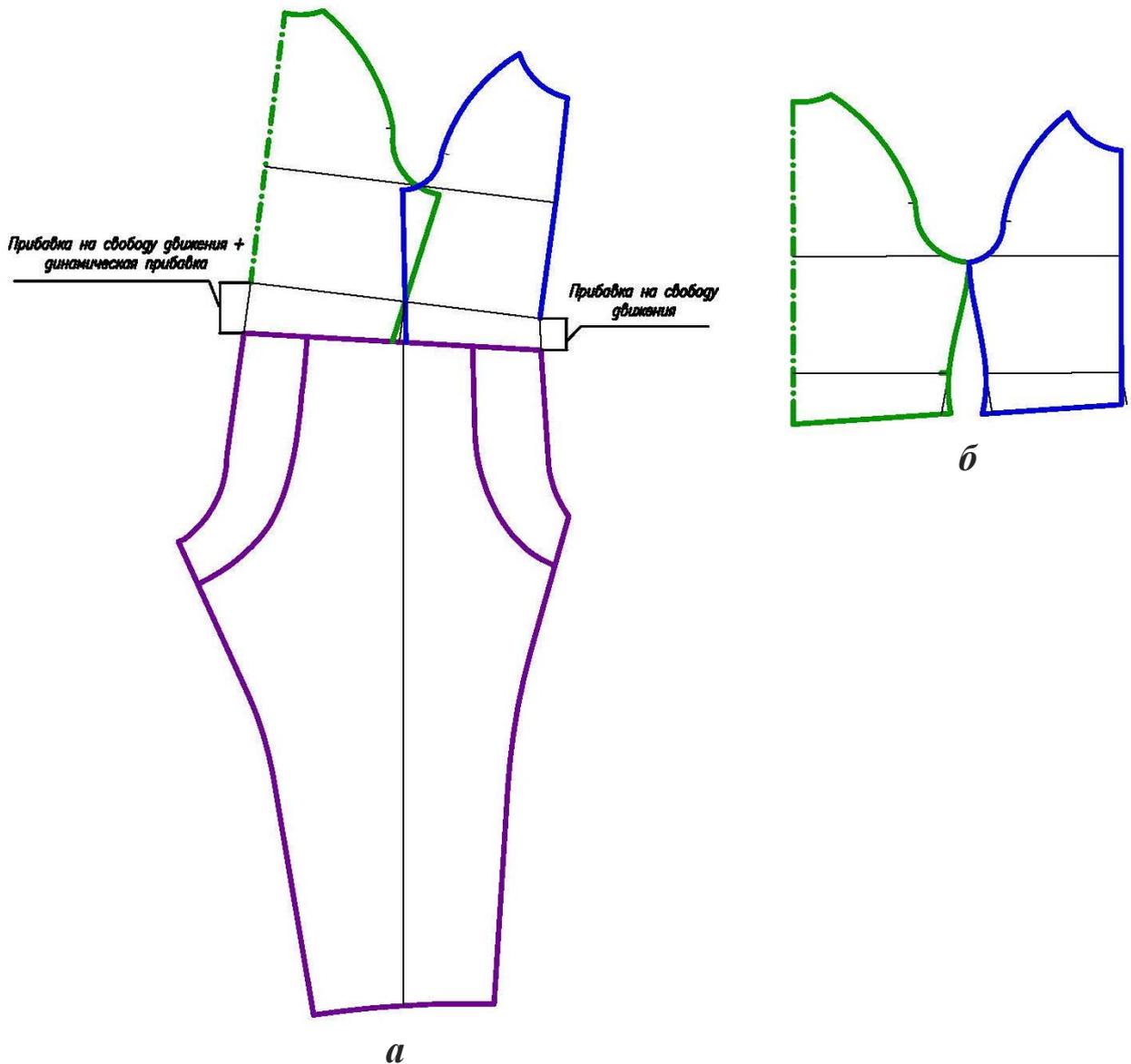


Рисунок 42 – Построение исходной модельной конструкции комбинезона: соединение ИМК стана и брюк (а), преобразование полочки и спинки при добавлении динамической прибавки (б)

С целью апробации разработанной методики была построена базовая конструкция бельевого комбинезона и изготовлен макет из функционального трикотажа (Рисунок 43). Коэффициент сужения данного материала равен 0,81, а коэффициент относительного удлинения соответственно 1,03. Толщина материала менее 3 мм, поэтому Птп равна 0 см. Учитывая то, что комбинезон будет использо-

ваться в качестве нательного белья (т.е. первый слой одежды), изготавливаться из функционального трикотажного полотна, и соответственно должен быть плотного прилегания (но не стесняющим движения), $P_{\text{общ}}$ определена равной 2 см.

Для изготовления экспериментального образца было принято решение разрабатывать конструкцию на типовую мужскую фигуру 182-100-88, т. к. данный размер достаточно распространен среди контингента испытуемых (что важно для дальнейших экспериментов и опытных носок). Проектирование базовой и исходной модельной конструкции производилось по размерным признакам, определенным при разработке размерной типологии (см. п. 3.3), недостающие значения размерных признаков взяты из данных ЦНИШП за 2005 г. [90].



Рисунок 43 – Примерка макета конструкции бельевого комбинезона

При проведении примерок макета (примерка была выполнена на фигуры шести испытуемых) дефекты не были выявлены. Макет имеет хорошую посадку на фигуру и в полной мере отвечает запроектированной степени прилегания и растяжения трикотажного полотна. Качество посадки макета доказывает, что введение коэффициентов растяжения и сжатия в готовую методику конструирования дает хороший результат при проектировании базовой и исходной модельной конструкций. Примерка макета также показала его хорошую эргономичность при выполнении действий, типичных для летчиков и космонавтов, в том числе в рабочей позе в амортизационном кресле, что доказывает правильность выбора способа учета динамических прибавок при проектировании конструкции комбинезона. Указанное подтверждает, что разработанная нами методика конструирования исходной модельной конструкции бельевого комбинезона вентиляционного костюма отличается тем, что растяжимость трикотажного полотна используется для формообразования и получения изделия плотного прилегания, а динамические прибавки – для обеспечения подвижности и эргономики изделия.

Следующим этапом создания ВК, после создания ИМК бельевого комбинезона, является разработка модельной конструкции вентиляционного костюма, в состав которой входит большое число дополнительных функциональных конструктивных элементов для установки системы вентиляции. Но поскольку модельная конструкция вентиляционного костюма должна разрабатываться под конкретные условия эксплуатации и параметры вентиляционной системы, то этот этап проектирования рассмотрен более подробно на примере ВК для космонавтов в следующей главе данной диссертационной работы.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3

1. Разработан метод проектирования бельевого костюма специального назначения для создания комфортного микроклимата пододежного пространства, отличающийся тем, что проектируемое изделие состоит из швейной оболочки и упругой системы вентиляции, зафиксированной на ней швейными методами, при этом обеспечивается эргономичность конструкции и гарантируется стабильный тепловой баланс тела человека, поскольку учитываются параметры теплообмена человека, характер деятельности и воздействие рабочей среды.

2. Обоснована целесообразность применения нового материала, функционального трикотажного полотна, для изготовления бельевого комбинезона для летчиков и космонавтов, отвечающего физико-гигиеническим требованиям, предъявляемым к нему, и, в сочетании с правильным распределением потока искусственной вентиляции снаряжения, обеспечивающего оптимальный микроклимат пододежного пространства.

3. Проведен анализ существующих размерных типологий, на основании которого определены ведущие размерные признаки для составления размерной типологии ВК, и введены дополнительные РП для наиболее точного подбора размера бельевого костюма с принудительной вентиляцией на фигуру человека. Построена размерная типология для проектирования бельевого комбинезона ВК и определены значения дополнительных размерных признаков для типовых фигур, на основании рассчитанных уравнений регрессии.

4. Разработана методика конструирования бельевого комбинезона вентиляционного костюма, в которой растяжимость трикотажного полотна используется для формообразования и получения изделия плотного прилегания, а динамические прибавки – для обеспечения подвижности и эргономики изделия при расположении летчика или космонавта в амортизационном кресле.

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА БЕЛЬЕВОГО КОМБИНЕЗОНА С ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ ДЛЯ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

С целью подтверждения достоверности научных результатов, полученных в предыдущих главах, при выполнении диссертационной работы спроектирован и изготовлен бельевой комбинезон ВК для авиакосмической отрасли, а именно для снаряжения космонавтов. Такие изделия имеют свою специфику, т.к. в них применяются не только текстильные материалы и швейные методы обработки, а так же различные резиновые, полимерные и металлические детали, необходимые для системы вентиляции, с соответствующими методами обработки (склейка, сварка, шпаговка и т.д.). Разработка указанного изделия позволила более глубоко проработать вопросы конструирования и технологии изготовления вентиляционного костюма.

4.1 Разработка экспериментальной конструкции бельевого комбинезона с системой принудительной вентиляции

Ранее в работе было обосновано, что в основе вентиляционного костюма должен лежать бельевой комбинезон, который будет сочетаться со скафандром и применяться в комплекте снаряжения (медицинским поясом, АСУ и т.д.), а так же с ложементом амортизационного кресла. Рассмотрим подробнее, как все описанные выше требования, а так же устройство системы вентиляции отражаются на конструкции бельевого комбинезона.

По результатам проведенных нами исследований [93, 94] условий эксплуатации и действующего снаряжения установлено, что для удовлетворения комплексу предъявляемых требований, бельевой комбинезон должен иметь следующие особенности:

- дополнительное отверстие в боковом шве для выхода разъема пояса телеметрии, который одевается на голое тело;
- дополнительный распах в районе малого таза для удобства пользования ассенизационно-санитарным устройством;
- в районе малого таза необходимо дублирование брюк спереди и сзади, т.к. подразумевается, что бельевого комбинезона одевается на голое тело, поэтому недопустимо просвечивание материала;
- высокий воротник по спинке и дополнительная накладка по линии позвоночного столба из мягкого, объемного материала (например, футерованного начесного трикотажа) для увеличения удобства и сохранения целостности кожного покрова вдоль позвоночника при расположении в штатной рабочей позе в космическом амортизационном кресле, имеющем достаточно жесткую поверхность. Объемная накладка также будет выполнять роль абсорбера, располагаясь в зоне опорной поверхности, куда не поступает вентиляционный воздух;
- вставки – накладки в области подмышек, чтобы закрыть шов втачивания рукава в месте пересечения с боковым швом, также они будут выполнять функцию абсорбентов потовых выделений;
- для исключения раздражения и потертостей на коже от белья, все припуски швов должны располагаться на лицевой поверхности изделия и быть закрыты стачивающей обметочной пятиниточной строчкой, выполненной с изнаночной стороны;
- особые манжеты рукава и брюк (см. описание в главе 2);
- специальные конструктивные элементы – направляющие для воздухопроводов, которые должны проходить по ЛНД, а также крепление для установки центрального вентиляционного коллектора.

Учитывая указанные особенности, разработан технический эскиз вентиляционного комбинезона (Рисунок 44).

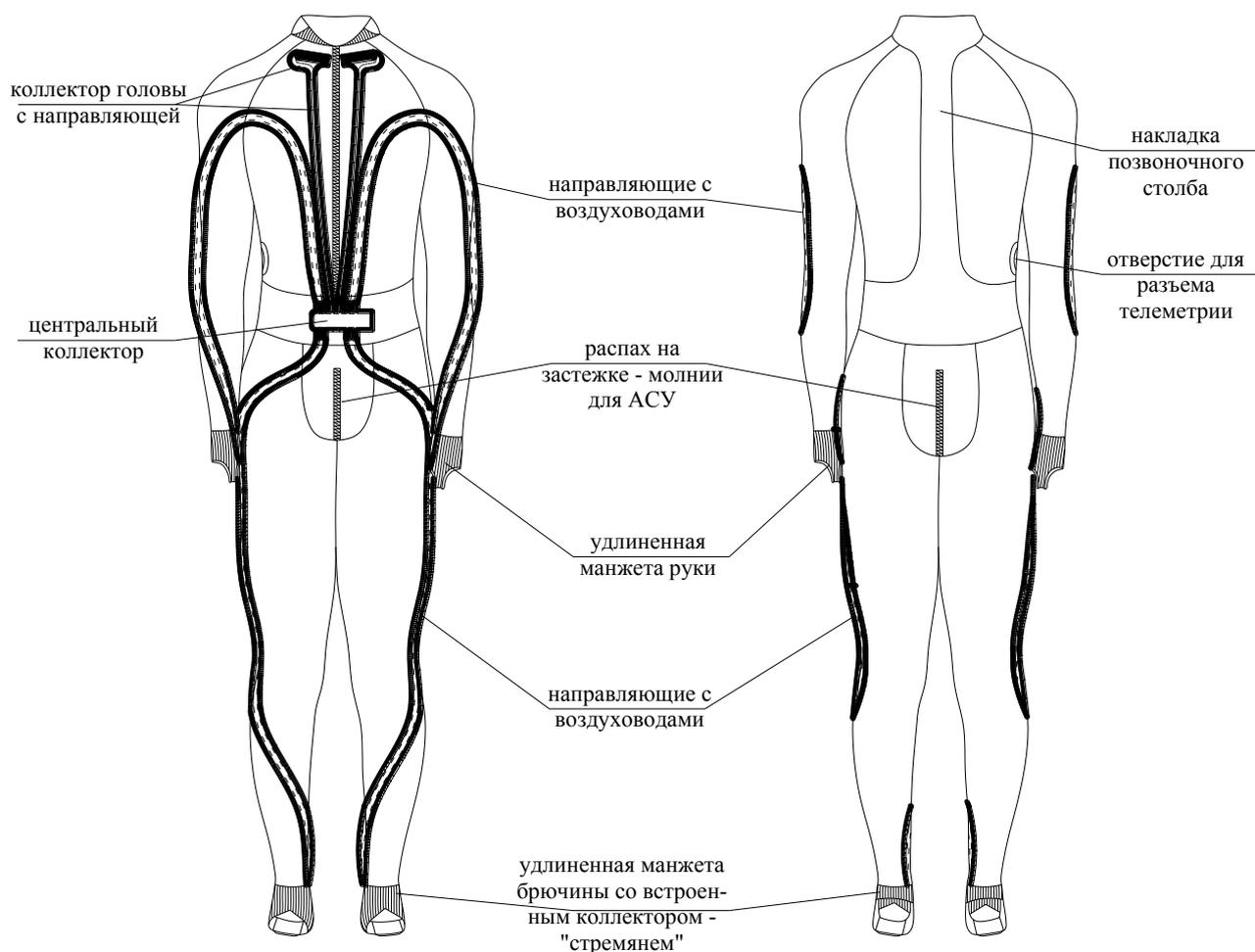


Рисунок 44 – Технический эскиз вентиляционного комбинезона

На основе имеющейся базовой конструкции и технического эскиза (с описанием требований к изделию) выполнено построение функциональных элементов, таких как воротник, манжеты рукава и брючины, накладка спинки, пояс и прочее [95, 96]. Для размещения системы вентиляции на основных деталях края нанесено месторасположение функциональных элементов и место прохождения вентиляционных направляющих (Рисунок 45).

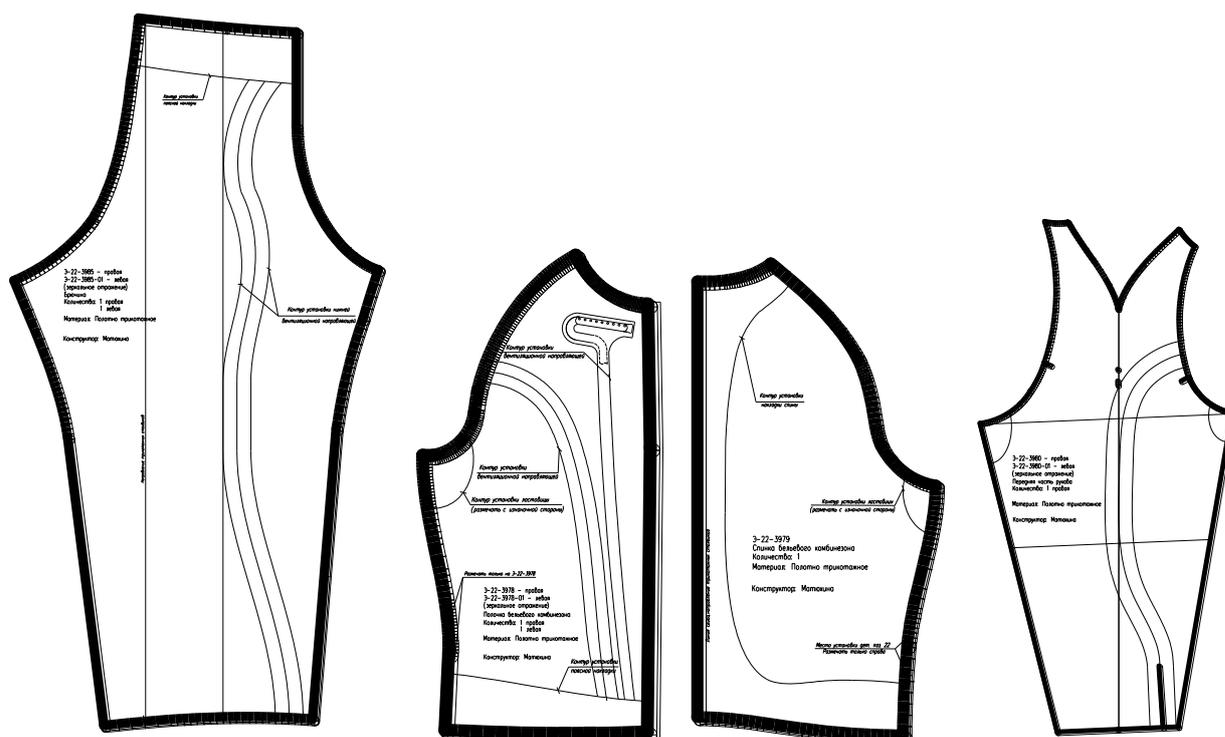


Рисунок 45 – Разметка вентиляционных направляющих и конструктивно-декоративных элементов на основных деталях кроя

В результате проделанной работы получен полный комплект лекал на один размер бельевого комбинезона ВК, представленный в Приложении Е. Но так как серийное производство изделия подразумевает изготовление всей размерной линейки (Таблица 6) необходимо разработать лекала для остальных размеров и ростов. А для этого нужна схема градации, учитывающая конфигурацию деталей кроя, интервалы безразличия и наличие элементов системы вентиляции.

4.1.1 Разработка схемы градации основных лекал бельевого комбинезона ВК

В качестве прототипа схемы градации принята схема направления перемещения конструктивных точек, разработанная ВДМТИ для трикотажных изделий [82].

На основании данных ВДМТИ [82], данных и схем градации ЕМКО СЭВ [97], используя метод Р.В. Иевлевой [83], нами разработана схема градации для следующих деталей: полочки и спинки покроя реглан, одношовного рукава-

реглан с вытачкой по плечевому шву, цельнокроеной брючины. Рассмотрим градацию данных деталей по размерам, т.к. при градации по ростам нас полностью удовлетворяют стандартные схемы градации.

При градации по размерам необходимо учесть перераспределение приращений, с учетом конфигурации и членения конструкций, а также то, что это детали единого комбинезона, и при переходе от одного размера к другому в пределах одного роста, происходит приращение по дуге туловища вертикальной (как было доказано в главе 3) и, следовательно, данное приращение (2,4 см) нужно учесть в схеме градации, распределив его между станом комбинезона и брюками. С учетом указанных особенностей была разработана схема градации, представленная на рисунке 46.

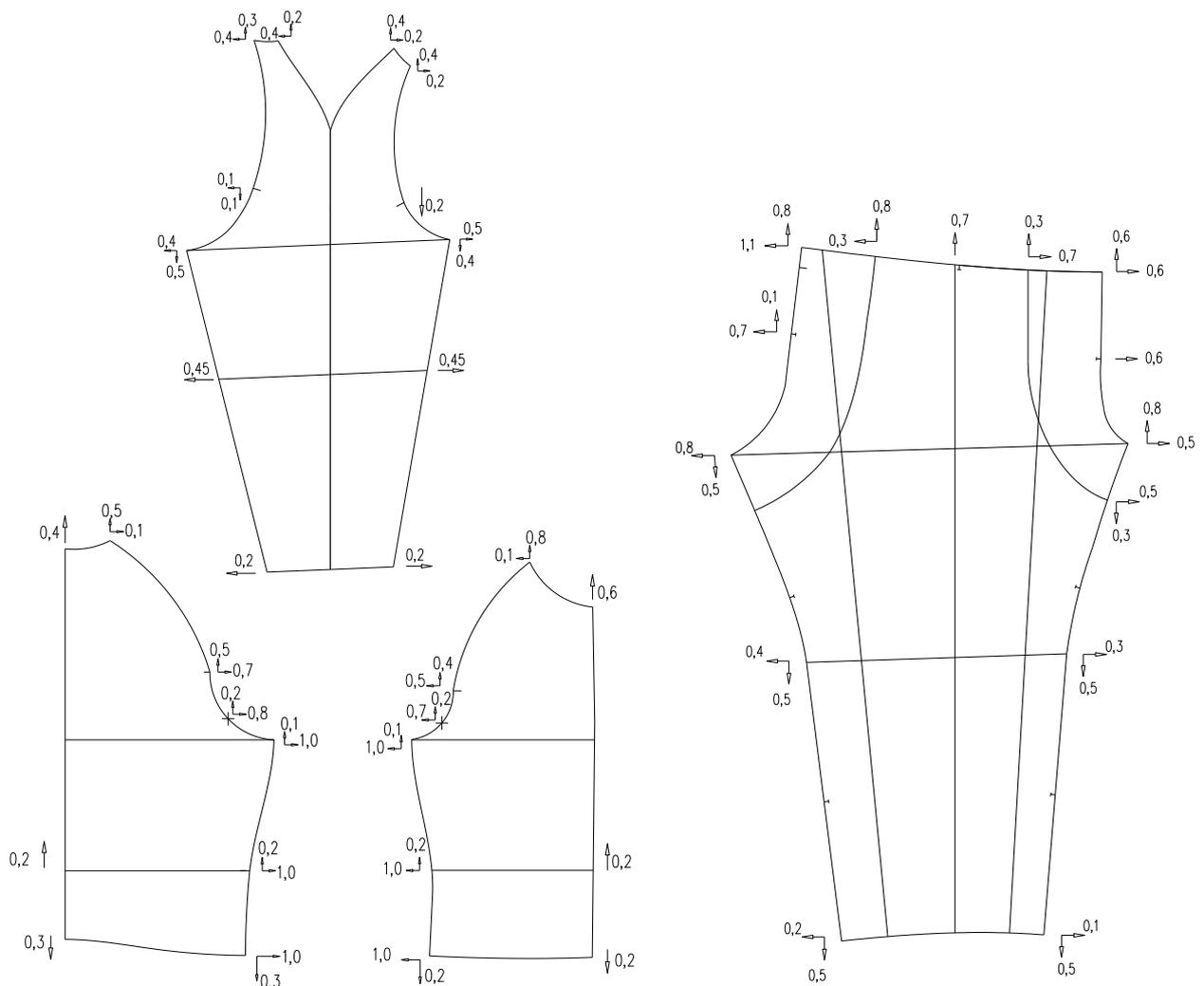


Рисунок 46 – Схема градации лекал деталей бельевого комбинезона ВК

Разработанная схема градации является универсальной и может использоваться для других изделий аналогичной конструкции (как для комбинезонов, так и для отдельных изделий плечевой и поясной группы).

Вентиляционный костюм можно охарактеризовать как «комбинированное швейное изделие» (Рисунок 47), т.к. в процессе его изготовления, помимо швейных операций, задействованы машиностроительные технологии [98].

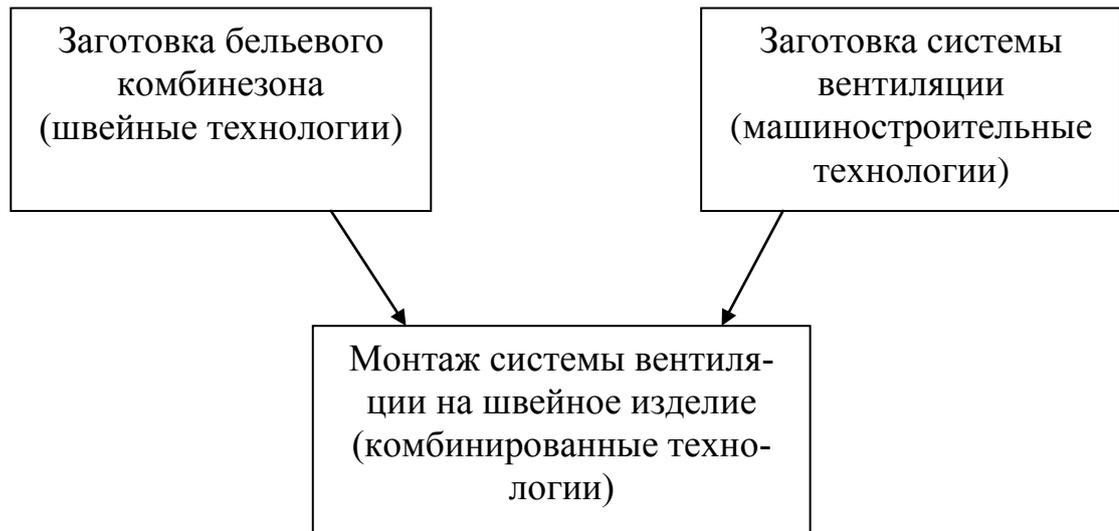


Рисунок 47 – Схема изготовления комбинированного швейного изделия ВК

Рассмотрим особенности изготовления данных составных частей более подробно. Начнем с бельевого комбинезона.

4.1.2 Особенности технологии изготовления бельевого комбинезона

Бельевой комбинезон представляет собой швейное изделие, изготавливаемое из трикотажного полотна. Трикотаж обладает рядом специфических свойств, влияющих на процесс обработки и формообразования.

Основные негативные свойства, которые необходимо учитывать при работе с трикотажными материалами, являются растяжимость, закручиваемость, распускание, прорубаемость и др. [91, 92]. Поэтому при изготовлении трикотажных изделий, для достижения хорошего качества, должно применяться специальное

трикотажное оборудование. А также необходимо учитывать все особенности технологии обработки трикотажных полотен. При пошиве трикотажных изделий должны соблюдаться требования ГОСТ 26115-84 [99], стандарты предприятия, технические условия на изделие и другая нормативно – техническая документация.

Бельевой комбинезон как основа ВК имеет технологические особенности, помимо общей специфики обработки трикотажных полотен. Для их оценки составлен технологический паспорт на изделие (Приложение Ж) [100 – 102].

На основе проделанной работы выделены особенности изготовления бельевого комбинезона:

- для повышения комфортности белья в комбинезоне все припуски стачных швов располагаются на лицевой поверхности изделия и закреплены строчкой трехниточного двухлинейного цепного стежка (или четырехниточного трехлинейного цепного стежка), выполненной с изнаночной стороны;
- из-за большого количества элементов, настрачиваемых на изделие, меняется последовательность сборки, например, необходимо сначала соединить полочку и рукав, чтобы настрочить на них вентиляционную направляющую руки;
- для уменьшения толщины швов срезы накладок из плотного футерованного полотна настрачивают стачивающе-обметочной трех- или пятиниточной строчкой, выполненной с изнаночной стороны. Для этого накладки предварительно нужно приметать (или приколоть), чтобы во время настрачивания они не сместились, и строчка полностью закрыла открытый срез;
- срезы мелких деталей (обтачка, планки) предварительно обметывают и затем настрачивают, чтобы исключить операцию приметывания.

4.1.3 Особенности технологии изготовления системы вентиляции

Как было сказано выше, для изготовления системы вентиляции применяются машиностроительные технологии. Рассмотрим их особенности.

Поясничный центральный коллектор наполовину состоит из текстильных материалов (тканей с прорезиненной поверхностью), поэтому при его изготовлении в основном следует применять склейку резиновыми клеями, а для установки в нем воздухопроводов и других жестких элементов использовать шпаговку нитками с последующим оклеиванием тканью (см. Рисунок 16).

Каркасирующая спираль, применяемая в поясничном коллекторе, состоит из стальной проволоки, поэтому для придания ей формы будет применен методом навивки с последующей термообработкой (закалкой).

Для изготовления фронтального центрального коллектора из полимерных материалов целесообразно применить технологию литья в пресс-форму с последующим термопластичным формованием для придания нужного радиуса изгиба (это позволит упростить пресс-форму и тех. процесс).

Для установки воздухопроводов на центральный коллектор их нужно подвергнуть размягчению с помощью воздействия температуры или растворителя и далее расширить специальным устройством. После затвердевания воздухопроводы принимают исходные размеры, обеспечивая плотную посадку. Для надежности фиксации соприкасающиеся поверхности покрывают клеем.

При изготовлении Т-образного коллектора головы применялась сварки ТВЧ для соединения двух термопластичных трубок. Зигзагообразный коллектор головы можно изготавливать проще – при помощи термопластичного формования. Но для обработки законцовки коллектора необходима сварка ТВЧ (она сплющивается и заваривается широким электродом). Отверстия в коллекторе (для рассеивания воздуха и его фиксации на комбинезоне) требуется высверливать механически (сверлом малого диаметра).

При изготовлении коллекторов стопы будут применены как швейные операции – соединение слоев наполнителя между собой, так и клеевые операции – установка резинового переходника (изготовленного также методом формования из каучуковой резины). Срезы наполнителя из высокообъемной ткани предварительно нужно оплавить специальным электрообжигателем, им же выполнить воздушные каналы в теле наполнителя.

Готовую систему вентиляции передают на монтажный участок для установки на бельевой комбинезон.

4.1.4 Монтаж системы вентиляции

При разработке конструктивно-технологического решения монтажа системы вентиляции на комбинезон, необходимо изначально решить (в зависимости от назначения и ресурса изделия), съёмной ли будет система вентиляции или нет. Съёмное крепление системы вентиляции на бельевой комбинезон предпочтительней, т.к. если срок эксплуатации изделия предполагается достаточно большой то, с точки зрения гигиены, необходимо периодически стирать или заменять бельевой комбинезон. При этом сложную систему вентиляции делать одноразовой не рентабельно, поэтому ее нужно либо переставлять с одного комбинезона на другой, либо отстегивать на время стирки. Но съёмный вариант крепления вентиляции является достаточно сложным, не технологичным в производстве и соответственно дорогостоящим, поэтому при краткосрочном (одноразовом) использовании ВК можно использовать вариант несъёмного соединения вентиляционной системы и белья (Рисунок 48, а).

Для съёмного метода крепления нами разработано три варианта крепления:

- 1) на застежку – молнию (Рисунок 48,б);
- 2) на текстильную застежку (Рисунок 48, в);
- 3) пришнуровка на петлевую ленту (Рисунок 48, г).

Метод крепления на петлевую ленту является самым надежным, но для установки системы вентиляции таким методом необходимы дополнительные приспособления (шнуровальная игла). Указанный метод является трудоемким и кропотливым, поэтому для применения в условиях, когда нужна легкосъёмная система вентиляции (как например, в условиях невесомости при космическом полете), такой способ не подойдет.

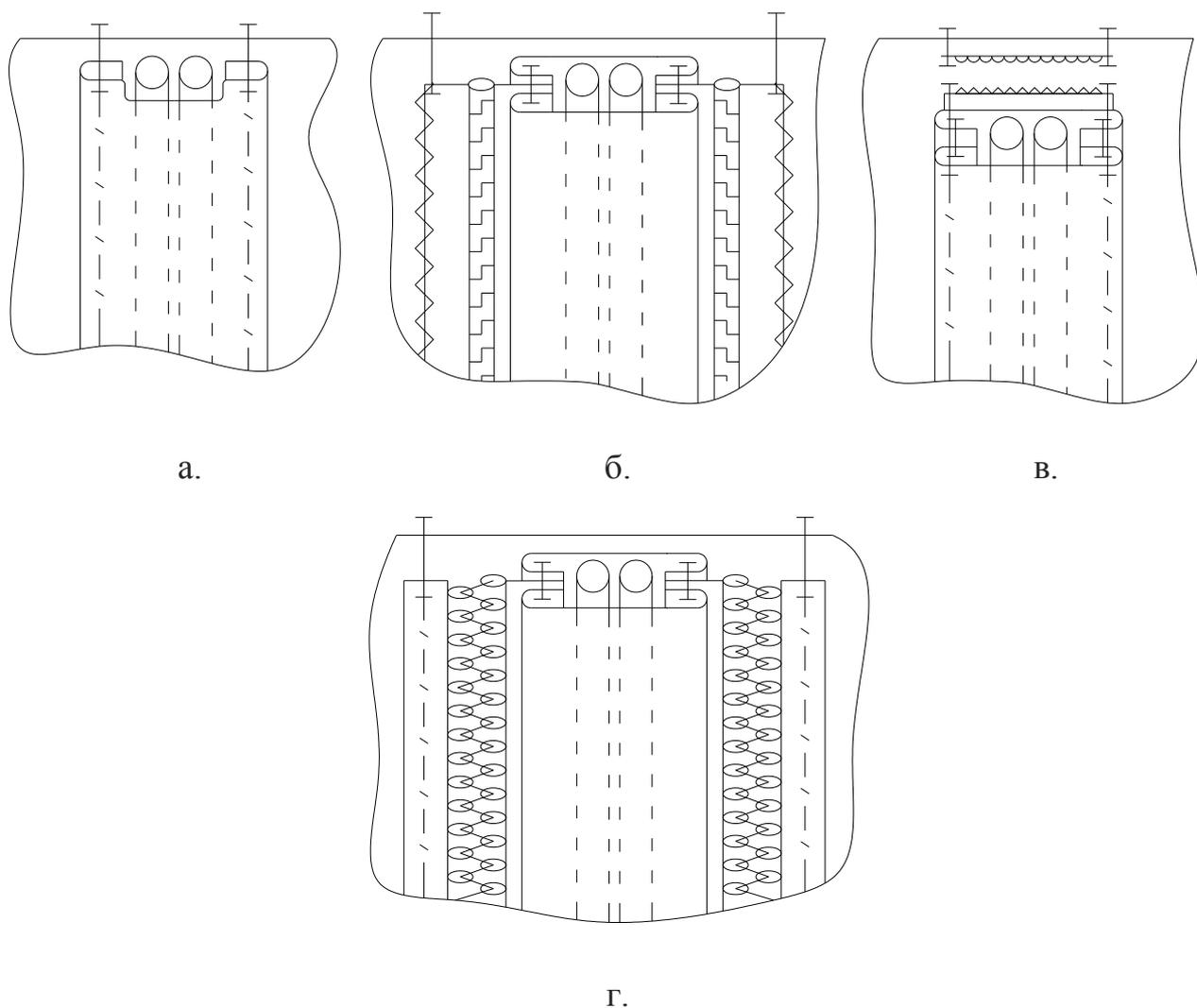


Рисунок 48 – Методы крепления системы вентиляции на ВК

Для реализации варианта крепления на застежку- молнию, необходима потайная или тонкая, легкая застежка, но минусом данного способа является дополнительная жесткость молнии, а также настрачивание двух отдельно стоящих застежек для крепления каждой направляющей является трудоемким процессом и требует специального оборудования. Несмотря на указанное, крепление на застежку-молнию является наиболее приемлемым вариантом, т.к. переустановить систему вентиляции можно достаточно легко и при этом она надежно фиксируется на бельевом комбинезоне.

Третий вариант – с текстильной застежкой – является самым легкоъемным, но при этом он не исключает самопроизвольное отстегивание системы при эксплуатации, в зависимости от надеваемого поверх снаряжения.

Выбор метода крепления зависит от условий эксплуатации, т.к. все описанные методы имеют свои достоинства и недостатки.

Для крепления центрального вентиляционного коллектора удобней всего использовать текстильную застежку, т.к. он имеет достаточно большую площадь поверхности соприкосновения с бельевым комбинезоном, что обеспечит хорошую фиксацию. Для крепления коллектора на комбинезон следует нашить в несколько рядов петлевую ленту, образовав участок большей площади, чем коллектор, чтобы была возможность немного регулировать его местоположение по субъективным ощущениям оператора. На сам коллектор нужно зафиксировать самоклеящуюся текстильную застежку (крючки) – его гладкая поверхность позволяет нам это сделать. Таким образом, обеспечивается быстрая и надежная фиксация вентиляционного коллектора.

Упругая система вентиляции устанавливается на ВК на этапе монтажа. Последовательность установки системы вентиляции должна быть следующей:

- 1) Установить центральный коллектор;
- 2) Продеть воздуховоды в направляющие, зафиксированные на комбинезоне;
- 3) Зафиксировать рассеивающие коллекторы стопы и головы.

Для фиксации рассеивающих коллекторов стопы и головы их следует устанавливать отдельно от воздуховодов, т.к. в противном случае они помешают продеть трубки воздуховодов в направляющие. Коллектор головы необходимо пришивать через отверстия в законцовке ручным петлеобразным стежком. Коллектор стопы вдевается в манжету и прошивается по периметру также ручным петлеобразным стежком, фиксирующим его, но не перетягивающим деталь. При этом в местах воздушных каналов прохождение ниток не допускается.

Далее воздуховоды продеваются в направляющие, стыкуются с рассеивающими коллекторами, а на площадку из текстильной застежки крепится центральный коллектор.

4.2 Апробация разработанного метода проектирования бельевого костюма с принудительной вентиляцией

Апробация результатов проведенной работы проходила на предприятиях авиа-космической отрасли. Основной объем экспериментов был проведен в условиях ОАО «НПП «Звезда» им. академика Г.И. Северина». Мы выражаем благодарность руководству и сотрудникам научно-исследовательского испытательного комплекса научно-производственного предприятия «Звезда» за поддержку и помощь в осуществлении комплекса испытательных работ. Программы экспериментов и отчеты по ним [103] составляла ведущий инженер Сазонкина М.Э., при непосредственном участии в работе автора данной диссертации.

Апробация бельевого комбинезона ВК, изготовленного по результатам данной работы, так же проводилась сотрудниками ОАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева» в рамках программы натурной отработки состава наземного аварийного запаса для нового пилотируемого корабля. По результатам этих исследований получен акт внедрения, свидетельствующий о достоверности полученных научных и практических результатов (Приложение 3).

В силу того, что проведенные исследования представляют коммерческую тайну, в рамках данной диссертационной работы нет возможности подробно описать весь объем выполненных испытаний. Поэтому в этом разделе будут представлены только основные моменты и результаты проведенных исследований.

На первом этапе апробации результатов проделанной работы были проведены испытания разработанного бельевого комбинезона с целью определения влияния нательного белья на самочувствие космонавта. Для этого был изготовлен экспериментальный бельевой комбинезон по разработанной модельной конструкции и технологии из выбранного во второй главе функционального трикотажного полотна CoolmaxTermolite T20-645 (Рисунок 49, а.).

4.2.1 Апробация бельевого комбинезона

С целью определения влияния нательного белья на самочувствие человека был проведен ряд сравнительных экспериментов [103]: с разработанным (экспериментальным) бельевым комбинезоном (ЭК), штатным х/б бельем и бельевым комбинезоном (термобельем) фирмы «X-Bionic» (для составления полной картины о влиянии материала на качество вентиляционных костюмов выбрано две разновидности функционального трикотажа: тонкий, предназначенный для отвода влаги, и плотный трикотаж, используемый в настоящее время для термобелья).

Комбинезон Tracksuit Long Accumulator фирмы «X-Bionic» (состав материала: 87% нейлон, 10% полипропилен, 3% эластан), по утверждению производителя, поддерживает оптимальную температуру тела 37°C , согревает, когда холодно, охлаждает при высоких температурах и отводит влагу от тела. Комбинезон имеет специальную зональную структуру (зоны отличаются плотностью и переплетением) для лучшего отвода влаги и работы мышц [104], а также две передние застежки-молнии в шве втачивания рукав реглан (Рисунок 49, б).



Рисунок 49 – Нательное белье: а – экспериментальный бельевой комбинезон; б – термобелье фирмы «X-Bionic» [104]

Испытания проводились как в составе космических скафандров (аварийно-спасательного и ВСК) в условиях приближенным к их штатной эксплуатации, так и без СК. В экспериментах участвовали испыталители, антропометрические данные которых соответствовали размерам комбинезонов.

В ходе эксперимента проводился опрос испыталителя о его тепловых ощущениях, которые он описывал по шкале от «жарко» до «холодно», а после эксперимента выполнялось анкетирование испыталителей об эргономических свойствах белья по ряду показателей: тепловое состояние человека, влагопоглощение материала, удобство пребывания в снаряжении, ощущение сухости/вентилируемости, наличие наминов/потертостей. Оценка производилась по субъективным ощущениям по пятибалльной шкале.

Помимо субъективной оценки проводились дополнительные объективные замеры: белье и испыталитель взвешивались до и после экспериментов. А в ряде опытов специальной аппаратурой оценивались тепловое состояние (кожная температура в ряде точек) и физиологические показатели (частоту сердечных сокращений (ЧСС) и частоту дыхания (ЧД)) испыталителей.

По результатам всех экспериментов общий анализ анкетных данных субъективных оценок выявил, что средняя оценка по всем показателям у экспериментального бельевого комбинезона выше.

Анализ общего теплового состояния испыталителей и их отдельных частей тела показал, что экспериментальный бельевой комбинезон лучше сохраняет и распределяет тепло: по отзывам испыталителей, тепловое состояние при его использовании более комфортное, так как отсутствуют локальные очаги прохлады от вентилярующего воздуха СК в состоянии покоя. Есть ощущение «проветриваемости» комбинезона в области груди и рук от локтей до плеч, чувствуется отвод влаги с тела. ЭК обеспечивает ощущение сухости и не прилипает к телу даже при выполнении работы средней тяжести. Характерное отличие от штатного белья, особенно отмечаемое в аварийно-спасательном СК – ровное прилегание костюма по всей спине, отсутствие складок, накладка на спине создает дополнительный

комфорт. В штатном же белье ощущается влага в области поясицы и верхней части ягодиц и локальное давление от пояса кальсон и складок фуфайки.

Анализируя результаты взвешивания белья до и после проведения эксперимента сделан вывод, что материал экспериментального комбинезона действительно отводит влагу от тела во внешнюю среду, а не удерживает ее. При испытаниях вес экспериментального комбинезона либо не менялся совсем, либо изменялся на незначительную величину, чего нельзя сказать о штатном х/б белье, причем вся влага, впитываемая ЭК, концентрировалась в накладке на спине (на ощупь она была влажная с лицевой стороны), но испытатель не ощущал влаги в данной области за счет «прослойки» из функционального трикотажа с низкой гигроскопичностью.

Комбинезон фирмы «X-Bionic», по отзывам испытателей, при эксплуатации в составе скафандров и космической техники не вызывал неудобств, наличия локальных давлений и негативных влияний на самочувствие. Во время экспериментов он, также как и ЭК, отводил влагу от кожи испытателя, сохраняя ощущение «сухости», но данное изделие оказалось более «жарким», поэтому предпочтение отдано экспериментальному бельевому комбинезону. А также из-за отсутствия передней застежки-молнии надевать комбинезон очень трудно: он перекручивается на руках и ногах, необходимо постоянно контролировать и поправлять положение специальных вставок. Снимать комбинезон (особенно с плеч) еще тяжелее, чем надевать.

Усредненная динамика теплового состояния испытателей во время экспериментов, оцениваемая кожными температурными датчиками, подтверждает субъективные оценки и сделанные выводы: в комбинезоне фирмы «X-Bionic» человеку достаточно жарко, штатный комбинезон намокает от перспирации после 20 минут эксплуатации и начинает локально охлаждать тело испытателя, создавая ощущение «холода». В экспериментальном бельевом комбинезоне температура тела на протяжении всего эксперимента оставалась практически неизменной, колебания не превысили 1°, что говорит о стабильно-комфортном состоянии испытателя.

При рассмотрении имеющихся данных по динамике изменений физиологических параметров при выполнении физических нагрузок, а именно ЧСС и ЧД, выявлено, что они находились в течение всей экспозиции в пределах значений, характерных для легкой и средней физической нагрузки, и значимой зависимости этих показателей от типа применяемого белья не отмечено [103].

Таким образом, результаты всех сравнительных испытаний доказывают, что белье влияет на тепловое состояние человека в защитном снаряжении. При этом термобелье не подходит для эксплуатации в составе скафандров, так как оно рассчитано в первую очередь на обогрев тела, а в СК оператор и так страдает от повышенной температуры пододежного пространства. Поэтому белье для защитного снаряжения целесообразно изготавливать из тонкого функционального трикотажа, созданного для охлаждения тела, т.к. он быстрее и лучше транспортирует испарения тела на лицевую поверхность белья, где они высыхают или удаляются вентилирующим потоком воздуха.

Конструкция бельевого комбинезона, разработанная для применения в составе скафандров, полностью удовлетворяет предъявляемым требованиям и подходит для эксплуатации в составе СК [105].

4.2.2 Апробация системы вентиляции

Апробация и оценка качества и эргономики элементов системы вентиляции, а также эргономичности месторасположения вентиляционных направляющих были выполнены на варианте системы с поясничным центральным коллектором. Система вентиляции была установлена на экспериментальном бельевом комбинезоне для проведения примерки (Рисунок 50).

Как показал проведенный эксперимент, вентиляция в руки, ноги и голову поступает равномерно, все предъявляемые к вентиляции требования выполняются. Направляющие с воздуховодами не стесняют движения, следовательно, их расположение выбрано правильно. Единственное возникшее замечание: для направляющих было выбрано высокоэластичное трикотажное полотно. Поэтому под весом воздуховодов направляющие отвисали, и перекручивались в свободном

пространстве. В дальнейшем необходимо учесть этот момент, и для направляющих выбирать не эластичный материал [106].



Рисунок 50 – Примерка экспериментального вентиляционного костюма [106]

4.2.3 Апробация вентиляционного костюма

Для проведения итоговых испытаний была выбрана система вентиляции с фронтальным центральным коллектором. Система была установлена на экспериментальный бельевой комбинезон. Для установки были использованы разъемные варианты крепления на застежку–молнию (направляющие рук и ног) и на текстильную застежку (направляющие головы и центральный коллектор) (Рисунок 51).

При лабораторных испытаниях выявлено, что система вентиляции имеет малое гидравлическое сопротивление и распределяет вентиляционный поток с погрешностью не более 1% от расчетной схемы (см. раздел 2.4.1) [107].

Полученные данные соответствуют предъявляемым к изделию требованиям. Модель фронтального коллектора, смоделированная с помощью программного обеспечения, при апробации показала параметры близкие к расчетным.

Установка вентиляционных направляющих на текстильной застежке и застежке-молнии позволили сделать систему полностью съемной. При этом ее монтаж и демонтаж занимает не более трех минут.



Рисунок 51 – Апробация вентиляционного костюма

При испытаниях вентиляционный костюм не вызвал замечаний со стороны испытателя: ВК достаточно легко и быстро одевается, не стесняет движения человека, не вызывает дискомфорта. После апробации наминов на теле испытателя не обнаружено.

Проведенная апробация подтверждает достоверность и завершенность работы по разработке метода проектирования бельевого костюма специального назначения для создания комфортного пододежного микроклимата.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4

1. Разработанная методика конструирования бельевого комбинезона успешно апробирована при создании ВК для снаряжения космонавтов; проведен комплекс испытаний экспериментального образца комбинезона в составе скафандров и полетной формы, получены положительные отзывы.

2. Разработана схема градации для бельевого комбинезона вентиляционного костюма, учитывающая приращение по дуге туловища вертикальной, которое распределено между станом и брюками, что соответствует особенностям построенной типологии фигур летчиков и космонавтов.

3. Разработана технология изготовления вентиляционного костюма как комбинированного швейного изделия, состоящая из трех этапов: заготовка бельевого комбинезона, заготовка системы вентиляции и монтаж системы вентиляции на бельевой комбинезон. Составлен технологический паспорт на изделие.

4. Для съемной системы вентиляции предложено три варианта крепления на бельевом комбинезоне: на застежку-молнию, на текстильную застежку, пришнуровка на петлевую ленту. Дано обоснование выбора метода крепления в зависимости от вида коллектора и условий эксплуатации.

5. Проведен комплекс испытаний разработанного бельевого комбинезона и системы вентиляции, который показал:

- конструкция бельевого комбинезона полностью удовлетворяет предъявляемым требованиям и подходит для эксплуатации в составе скафандра космонавта;
- разработанная система вентиляции отвечает всем предъявленным к ней требованиям, имеет малое сопротивление, распределяет вентиляционный поток согласно заданной схеме и подходит для установки на бельевой комбинезон.

6. Разработан, изготовлен и апробирован с положительным заключением вентиляционный бельевой комбинезон со съёмной системой вентиляции, что подтверждает достоверность и завершенность работы по разработке метода проектирования бельевого костюма специального назначения для создания комфортного пододежного микроклимата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведен анализ ассортимента изделий специального назначения, оснащенных устройствами для создания комфортного пододежного микроклимата, и одежды специального назначения с принудительной вентиляцией пододежного пространства, на основе которого:

- составлена классификация специзделий для создания комфортного пододежного микроклимата;
- выявлено, что оптимальной системой защиты тела человека от перегрева в герметичной спецодежде является принудительная система вентиляции;
- обоснована необходимость разработки нового типа бельевого костюма для создания комфортного пододежного микроклимата в виде комбинезона из современных материалов с повышенными гигиеническими показателями и системой принудительной вентиляции.

2. На основе проведенного анализа теплообмена человека при нормальных условиях, анализа основных факторов, влияющих на тепловое состояние оператора в кабине, и особенностей теплообмена оператора в защитном снаряжении дана характеристика особенностей теплообмена летчика (космонавта) в защитном снаряжении при расположении его на рабочем месте. Выявлены оптимальные параметры пододежного микроклимата, показатели системы вентиляции для их обеспечения, а именно скорость и объем вентиляционного потока ≈ 200 нл/мин., и процентная схема оптимального распределения воздушного потока внутри скафандра, что является необходимой информацией для проектирования устройства вентилирования подкостюмного пространства.

3. Разработана система вентиляции для вентиляционного бельевого костюма, состоящая из центрального (входного) коллектора, разводящей системы воздуховодов и рассеивающих (выходных) коллекторов, что обеспечивает равномерную вентиляцию всей поверхности тела для поддержания комфортного тепло-

вого состояния и теплообмена. Для обеспечения эргономичности бельевого костюма разработано два варианта центрального коллектора для различных условий эксплуатации, а также предложено размещать разводящие воздухопроводы на ВК по отношению к телу человека в соответствии с картой линий неизменной длины А. Ибералла. Разработаны конструкции и технология крепления на швейной оболочке рассеивающих коллекторов головы, ладоней и стоп, и определены наиболее эргономичные и эффективные места их расположения по отношению к телу человека.

4. Разработан метод проектирования бельевого костюма специального назначения для создания комфортного пододежного микроклимата, отличающийся тем, что проектируемое изделие состоит из швейной оболочки и упругой системы вентиляции, закрепленной на ней, при этом обеспечивается эргономичность конструкции и гарантируется стабильный тепловой баланс тела человека, поскольку учитываются параметры теплообмена человека, характер деятельности и воздействие рабочей среды.

5. Обоснована целесообразность применения функционального трикотажного полотна, для создания бельевого комбинезона нового типа для летчиков и космонавтов, отвечающего физико-гигиеническим требованиям, предъявляемым к нему, и, в сочетании с правильным распределением потока искусственной вентиляции снаряжения, обеспечивающего комфортный микроклимат пододежного пространства.

6. Построена размерная типология для проектирования бельевого комбинезона ВК и определены значения дополнительных размерных признаков для типовых фигур, на основании выведенных уравнений регрессии. По данным типологии разработана схема градации бельевого комбинезона ВК, учитывающая приращение по дуге туловища вертикальной, которое распределено между станом и брюками.

7. Разработана методика конструирования бельевого комбинезона вентиляционного костюма, в которой растяжимость трикотажного полотна используется для формообразования и получения изделия плотного прилегания, а динами-

ческие прибавки – для обеспечения подвижности и эргономики изделия при расположении летчика или космонавта в амортизационном кресле. Разработанная методика конструирования успешно апробирована при разработке ВК для космонавтов; проведен комплекс испытаний экспериментального образца комбинезона в составе скафандров и полетной формы, получена положительная оценка, подтвержденная актом апробации ОАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева».

8. Разработана технология изготовления бельевого вентиляционного костюма как комбинированного швейного изделия, состоящая из трех этапов: заготовка бельевого комбинезона, заготовка системы вентиляции и монтаж системы вентиляции на бельевого комбинезон. Составлен технологический паспорт на изделие. Для съемной системы вентиляции предложено три варианта крепления на бельевом комбинезоне: на застежку-молнию, на текстильную застежку, пришнуровка на петлевую ленту. Дано обоснование выбора метода крепления в зависимости от вида коллектора и условий эксплуатации.

9. Разработан, изготовлен и апробирован с положительным заключением вентиляционный бельевого комбинезон со съемной системой вентиляции, что подтверждает достоверность и завершенность работы по разработке метода проектирования бельевого комбинезона специального назначения для создания комфортного пододежного микроклимата.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

– ИК	– изолирующий костюм
– КВО	– костюм водяного охлаждения
– БВУ	– бортовая вентиляционная установка
– ПВУ	– портативная вентиляционная установка
– АСУ	– ассенизационно-санитарное устройство
– ВК	– вентиляционный костюм
– СК	– космический скафандр
– ЛА	– летательный аппарат
– СЖО	– система жизнеобеспечения
– СТР	– система терморегулирования
– ВСК	– скафандр для выхода в открытый космос
– ПДК	– предельно-допустимая концентрация
– ЛНД	– линии неизменной длины
– РП	– размерный признак
– ТЗ	– техническое задание
– БК	– базовая конструкция
– МК	– модельная конструкция
– ИМК	– исходная модельная конструкция
– ЭК	– экспериментальный бельевой комбинезон
– ЧСС	– частота сердечных сокращений
– ЧД	– частота дыхания

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Делль, Р. А. Гигиена одежды: учебное пособие / Р. А. Делль, Р. Ф. Афанасьева, З. С. Чубарова. – М. : Легпромбытиздат, 1991. – 160 с.
2. Оптимизация теплового состояния оператора и вопросы общей санитарии при длительной работе (аналитический обзор) : отчет о НИР № 5333-8-89 / Шейкин А. А., Насонов В. П. – НПП «Звезда», 1989. – 136 с.
3. Журавлева, Н. Л. Пути совершенствования конструкции одежды специального назначения с принудительной вентиляцией пододежного пространства / Н. Л. Журавлева // Сборник тезисов Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «Молодая наука». – 2010.
4. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Средства индивидуальной защиты кожных покровов персонала радиационно опасных производств [Электронный ресурс] : СанПин 2.2.8.49-03 : утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 28.10.2003. – Режим доступа: <http://www.opengost.ru/5251-sanpin-2.2.8.49-03-sredstva-individualnoy-zaschity-kozhnyh-pokrovov-personala-radiacionno-opasnyh-proizvodstv.html>.
5. Суханов, В. А. Обзор типов обогреваемой одежды для спецусловий труда : реф. № 1 / В. А. Суханов. – М., 1985. – 27 с.
6. Фукина, В. А. Электрообогревательная одежда : реф. № 2 / В. А. Фукина. – М., 1978. – 29 с.
7. Журавлева, Н. Л. Создание комфортного микроклимата пододежного пространства в герметичных изделия специального назначения / Н. Л. Журавлева // Инновации и перспективы сервиса. Сборник научных статей VII Международная научно-техническая конференция. – 2011. – часть 5.
8. Индивидуальная защита. Защита тела [Электронный ресурс] : каталог / ООО "Безопасность и экология", 2012. – Режим доступа: <http://www.safety-ecology.by/catalog-3022.html>.

9. Абрамов, И. П. Скафандры и системы для работы в открытом космосе / И. П. Абрамов, Г. И. Северин, А. Ю. Стоклицкий, Р. Х. Шарипов. – М. : Машиностроение, 1984. – 256 с.
10. Алексеев, С. М. Космические скафандры вчера, сегодня, завтра / С. М. Алексеев. – М. : Знание, 1987. – 64 с.
11. Алексеев, С. М. Современные средства аварийного покидания самолета / С. М. Алексеев, Я. В. Балкинд, А. М. Гершкович, В. С. Еремин, А. С. Повицкий, Н. Л. Уманский. – М. : Оборонгиз, 1961. – 452 с.
12. Алексеев, С. М. Высотные и космические скафандры / С. М. Алексеев, С. П. Уманский. – М. : Машиностроение, 1973. – 280 с.
13. Костюм-теплообменник [Электронный ресурс] : заявка 94036348 Рос. Федерация : МПК7 А 41 D 13/00, А 62 В 17/00 / Арефьев Л. Е., Белицин М. Н., Выгодин В. А., Садкова Н. А. ; заявитель ЗАО Ин-т специальных материалов. – № 94036348/12 ; заявл. 29.09.94 ; опубл. 20.06.96. – Режим доступа: <http://www1.fips.ru/wps/portal/Registers/>.
14. Илюшин, Ю. С. Кислородное оборудование летательных аппаратов и высотное спецснаряжение : учебник для курсантов авиационных военно-технических училищ / Ю. С. Илюшин, В. В. Олизаров. – М. : Военное издательство Министерства обороны СССР, 1970. – 280 с.
15. Бабицкий, М. USB-курьюзы: рубашка и подушечка для сидения с вентиляцией [Электронный ресурс] / М. Бабицкий // Новости Hardware. – авг. 2008. – Режим доступа: http://news.techlabs.by/15_10713.html.
16. McKeegan, N. Innovative air-conditioned cooling vest [electronic resource] / Noel McKeegan // Gizmag. – July 10, 2007. – URL: <http://www.gizmag.com/go/7604>.
17. Армия США в Ираке испытывает охлаждающие жилеты [Электронный ресурс] // Лента.ру. – 10.08.2006. – Режим доступа: <http://lenta.ru/news/2006/08/10/body>.
18. Костюм вентилирующий [Электронный ресурс] : пат. на п-ную м-ль 47629 Рос. Федерация : МПК7 А 41 D 13/00, А 41 D 13/005 / Аверьянов А. А., Зотов В. А., Твердохлеб В. А., Артемова Н. Б., Федорова М. А., Сорокина И. А. ; за-

явитель и патентообладатель ОАО "Объединение "Вымпел". – № 2005110102/22 ;
заявл. 07.04.05 ; опубл. 10.09.05. – Режим доступа:
<http://www1.fips.ru/wps/portal/Registers/>.

19. Специальное снаряжение для летного состава ВВС. Вентилирующий костюм «ВК-3М» [Электронный ресурс] / ЗАО «НПО«Динафорс», 2008.– Режим доступа: http://www.dynaforce.ru/catalog/military_outfit/ventiliruyushchij_kostyum_vk_3m/.

20. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы. Костюмы изолирующие для защиты от радиоактивных и химически токсичных веществ [Электронный ресурс] : СанПиН 2.2.8.47-03 : утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 26.10.2003. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901879560>.

21. Авиация. Энциклопедия / Гл. ред. Г. П. Свищев. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1994. – 736 с.

22. Абрамов, И. П. Космические скафандры России / И. П. Абрамов, М. Н. Дудник, В. И. Сверщек, Г. И. Северин, А. И. Скуг, А. Ю. Стоклицкий. – М. : ОАО «НПП Звезда», 2005. – 360 с.

23. Большая советская энциклопедия: в 30 т. – М. : Советская энциклопедия, 1976. – 23 т.

24. Жигалева, Т. М. Разработка рациональной конструкции спецодежды из синтетических материалов : дис. ... канд. тех. наук : 05.19.04 / Т. М. Жигалева. – М., 1991. – 213 с.

25. Барер А. С. Способы и средства поддержания теплового баланса летчиков и космонавтов / А. С. Барер // Космическая библиотека. – 1981. – № 6.

26. Жаворонков, А. И. Исследование динамических и теплозащитных свойств электрообогревательной одежды для водолазов : дис. ... канд. тех. наук : 05.19.04 / А. И. Жаворонков. – М., 1971. – 240 с.

27. Кудрявцев, В. И. Усовершенствованная технология проектирования теплозащитной одежды на основе уточненных моделей теплообмена : дис. ... канд. тех. наук : 05.19.04 / Кудрявцев Виталий Игоревич. – Новочеркасск, 2001. – 197 с.

28. Пул, Ч. Справочное руководство по физике. Фундаментальные концепции, основные уравнения и формулы / Ч. Пул, Д. Е. Лейкин. – М. : Мир, 2001. – 461 с.
29. Савин, Б. М. Характеристика природных факторов, воздействующих на организм летчика в условиях высотного и космического полета / Б. М. Савин. – Л. : ВМА, 1967. – 50 с.
30. Ажаев А. Н. Физиолого-гигиенические аспекты действия высоких и низких температур / А. Н. Ажаев // Проблемы космической биологии. – 1979. – № 38.
31. Отчет по результатам исследований переносимости человеком локальных конвективных воздействий : отчет о НИР / Шейкин А. А., Савостьянов В. А. – М.: НПП «Звезда», 1973.
32. Панов, А. Г. Влияние гиподинамии на нервную систему / А. Г. Панов, В. С. Лабзин, Е. Г. Рябков, Г. Д. Ефименко. – Л. : ВМА, 1969. – 18 с.
33. Космические полеты на кораблях "Союз". Биомедицинские исследования / под ред. О. Г. Газенко. – М. : Наука, 1976. – 416 с.
34. ГОСТ Р 50804–95 Среда обитания космонавта в пилотируемом космическом аппарате. Общие медико-технические требования. – М. : Госстандарт России, 1995. – 117 с.
35. Защита и спасение человека в авиации. Эколого-гигиенические и эргономические основы / под ред. И. Б. Ушакова, П. С. Турзина, А. С. Фаустова. – Воронеж, 2005. – 347 с.
36. Разработка предложений по модернизации СИЗ, АСУ, НАЗ : отчет о СЧ ОКР / Сосырева Ю. М., Горбунова Т. И. – М. : НПП «Звезда», 2010. – 28 с.
37. 2АР-9000-1000 ТУ Скафандр «Сокола КВ-2». Технические условия. – М. : НПП «Звезда», 1979. – 61 с.
38. 2МО-9000-2000 ТУ Комплект скафандра «Орлана – М». Технические условия. – М. : НПП «Звезда», 1999. – 2 т.
39. Нательное белье БК-12 : ТЗ на СЧ ОКР. – М. : НПП «Звезда», 2013. – 20 с.

40. SSP 50094 NASA/RSA Joint specifications standards document for the ISS Russian segment. International Space Station Program. – Texas : Houston, 2009. – 596 p.
41. Ушаков, И. Б. Введение в авиационную медицину / И. Б. Ушаков, Г. М. Шерешков, П. С. Турзин. – Воронеж: Букинист, 2002. – 352 с.
42. Авиационная и космическая медицины : учебное пособие / под ред. Г. И. Гурвича. – Л. : ВМА, 1984. – 383 с.
43. Новиков, В. С. Проблемы адаптации в авиационной и космической медицине / В. С. Новиков. – СПб. : ВМедА, 1992. – 60 с.
44. Петрунь, Н. М. Газообмен через кожу и его значение для организма человека / Н. М. Петрунь. – М. : Медгиз, 1960. – 180 с.
45. Куно, Я. Перспирация у человека / Яс Куно; перевод с англ. В.К. Кузьминой. – М. : Издательство иностранной литературы, 1961. – 400 с.
46. Бавро, Г. В. Исследование по обоснованию оптимальной топографии подведения тепла в организме человека при пребывании в условиях холода / Г. В. Бавро, В. С. Кощеев, В. И. Макаров // Гигиена труда. – 1976. – №9.
47. Авиационная медицина / под ред. Н. М. Рудного, Н. М. Копанева. – Л. : ВмедА., 1984. - 383 с.
48. Протокол № 115 по результатам испытаний макета поясного коллектора для вентиляционного костюма изделия «Сокол-М» : отчет о НИР / М. Э. Сазонкина – М.: НПП «Звезда», 2010.
49. Протокол № 25 по результатам испытаний доработанных стремечек макета вентиляционного костюма для СК «Сокол-М» : отчет о НИР / М. Э. Сазонкина – М.: НПП «Звезда», 2010.
50. Отчет по результатам конструкторско-доводочных испытаний экспериментальной модели аварийно-спасательного скафандра «Сокол-М» : отчет о НИР / М. Э. Сазонкина, В.М. Синигин, А. Тюхтин – М. : НПП «Звезда», 2012.
51. Протокол № 151 по результатам испытаний макета вентиляционного костюма для скафандра «Сокол-М» : отчет о НИР / Отдел № 11 – М.: НПП «Звезда», 2009.

52. Протокол № 210 по результатам определения уровня шума вентиляционного воздуха в подшлемном пространстве изд. «Сокол-М» и «Сокол КВ-2» : отчет о НИР / М. Э. Сазонкина – М.: НПП «Звезда», 2010.

53. Санитарные нормы. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки [Электронный ресурс] : СН 2.2.4/2.1.8.562-96 : утв. Госкомсанэпиднадзора России 31.10.1996. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901703278>.

54. Самохина, Т. П. Эргономические требования и их выполнение при проектировании аварийно-спасательного скафандра, применяемого совместно с катапультным креслом летательного аппарата / Т. П. Самохина, А. Ю. Стоклицкий. – М. : НПП «Звезда», 1987. – 30 с.

55. Стоклицкий, А. Ю. Использование линий неизменной длины для обеспечения подвижности скафандра / А. Ю. Стоклицкий, Р. С. Антонова. – М. : НПП «Звезда», 1972. – 38 с.

56. The use of lines of nonextension to improve mobility in full-pressure suits : the research report / A. S. Iberall. – Ohio : Aerospace Medical Research Laboratories, Wright-Patterson Air Force Base, 1964. – 118 p.

57. Iberall, A. S. The experimental design of a mobile pressure suit / A. S. Iberall // Journal of Basic Engineering. – June 1970. – p. 251-264.

58. Newman, D. J. An astronaut “Bio-Suit” system: exploration-class missions / D. J. Newman, J. Hoffman, K. Bethke, J. Blaya, C. Carr, B. Pitts. – NIAC: MIDÉ Technologies, TAI, Nov. 2003. – 46 p.

59. Marreiros, S. S. P. Skin Strain Field Analysis of the Human Ankle Joint : dis. ... master biomed. eng. / Sara Sofia Pereira Marreiros. – Lisbon, 2010. – 73 p.

60. Федеральные авиационные правила медицинского обеспечения полетов государственной авиации. Приложение к приказу Минобороны РФ от 27 апреля 2009 г. № 265 [Электронный ресурс] : утв. министром обороны РФ 27.04.03. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12068283/>.

61. Zhuravleva, N. L. Improving underwear suit for the space suit / N. L. Zhuravleva, N. M. Matyuhina // Abstracts of the International Korean-Chinese conference. – 2011.

62. Методические указания по санитарно-химическому и токсикологическому исследованию неметаллических материалов, предназначенных для оборудования обитаемых герметичных помещений : утв. Минздравом СССР 03.09.1982.

63. ГОСТ Р ИСО 14624–3–2010 Системы космические. Безопасность и совместимость материалов. Часть 3. Определение отходящих газов из материалов и смонтированных изделий. – М. : Стандартинформ, 2011. – 11 с.

64. Методика одориметрической оценки неметаллических материалов : № 1-122-1-92 : 1992.

65. Райхман, С. П. Влияние гигиенических свойств спецодежды на тепловое состояние человека в условиях затрудняемой теплоотдачи организма / С. П. Райхман // Гигиена и санитария. – 1984. – №5.

66. Бузов, Б. А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство) : учебник для студентов высших учебных заведений / Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова. – М. : Академия, 2004. – 448 с.

67. Бузов, Б. А. Практикум по материаловедению швейного производства : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова, Д. Г. Петропавловский. – М. : Академия, 2004. – 416 с.

68. Schrobsdorff, B. Protective Clothing / Barbara Schrobsdorff // Health & Safety International. – 2006. - № 14.

69. Журавлева, Н. Л. Анализ функционального трикотажа для разработки нового вида бельевого костюма комплекта снаряжения летчиков и космонавтов / Н. Л. Журавлева // Дизайн. Материалы. Технология. – 2013. – т. 2 № 27.– С. 57.

70. Полезные советы. Что такое термобелье? [Электронный ресурс] // Энциклопедия AlpiMarine. – Режим доступа: http://www.alpimarine.ru/technology.php?pr_tech=9.

71. Устинов, Е. Термобелье для outdoor [Электронный ресурс] / Е. Устинов. – Режим доступа: <http://baskcompany.ru/info/stati/technology/2429.html>.

72. Why Coolmax® fabric [electronic resource] / Invista™. – URL: http://www.coolmaxfabric.com/g_en/webpage.aspx?id=15.
73. Журавлева, Н.Л. Бельё для комплекта снаряжения лётчиков и космонавтов / Н.Л. Журавлева, Е.В. Лунина // Дизайн и технологии.–2013.-№ 33(75).–С.32.
74. Дунаевская, Т. Н. Размерная типология населения с основами анатомии и морфологии : учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования / Т. Н. Дунаевская, Е. Б. Коблякова, Г. С. Ивлева, Р. В. Ивлева. – М. : Академия, 2001. – 288 с.
75. ГОСТ 31399–2009 Классификация типовых фигур мужчин по ростам, размерам и полнотным группам для проектирования одежды. – М. : Стандартинформ, 2011. – 18 с.
76. СТП 727.66.7.102–94 Антропометрический стандарт для проектирования скафандров. – М. : НПП «Звезда», 1994. – 66 с.
77. ОСТ В1 02635-87 Антропометрия летного состава для автоматизированного проектирования защитного снаряжения. Размеры типовых фигур мужчин. – М., 1988 – 273 с.
78. ГОСТ 23167–91 Фигуры военнослужащих типовые. Размерные признаки для проектирования военной одежды. – М.: Издательство стандартов, 1992. –392с.
79. ГОСТ 20881-91 Фигуры военнослужащих типовые. Шкалы размеров. – М. : Издательство стандартов, 1991. – 31 с.
80. Коэффициент детерминации [Электронный ресурс] : MachineLearning. Профессиональный информационно-аналитический ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных. – Режим доступа: http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Коэффициент_детерминации.
81. Единая методика конструирования одежды СЭВ (ЕМКО СЭВ). Базовые конструкции мужской одежды. Том 3 / ЦНИИШП. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1988. –133 с.
82. Кузнецова, Л. А. Конструирование трикотажных изделий / Л. А. Кузнецова, З. Ф. Казакова, А. А. Карцева. – М. : Легкая индустрия, 1972. – 264с.

83. Мартынова, А. И. Конструктивное моделирование одежды : учебное пособие для вузов / А. И. Мартынова, Е. Г. Андреева. – М. : МГУДТ, 2006. –216 с.
84. Алдрич, У. Английский метод конструирования и моделирования. Мужская одежда / Уинифред Алдрич. – М. : Эдипресс-конлига, 2009. – 174 с.
85. Александрова Л. Конструируем одежду. Для тех, кто проектирует одежду [Электронный ресурс] / Л. Александрова – Режим доступа: <http://wellconstruction.ru>.
86. Единая методика конструирования одежды СЭВ (ЕМКО СЭВ). Теоретические основы. Том 1 / ЦНИИШП. – М. : ЦНИИТЭИлегпром, 1988. – 169 с.
87. ГОСТ 31409–2009 Изделия трикотажные верхние для женщин и девочек. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2011. – 11 с.
88. ГОСТ 8847–85 Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных. – М. : Издательство стандартов, 1986. – 12 с.
89. ГОСТ 7474–88 Изделия трикотажные верхние для женщин и девочек. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2008. – 13 с.
90. Типовые фигуры мужчин. Размерные признаки для проектирования одежды / ОАО «ЦНИИШП». – М. : ЦНИИШП, 2005. – 93 с.
91. Крючкова, Г.А. Технология швейно-трикотажных изделий : учебник для среднего профессионального образования / Г.А. Крючкова. – М.: Академия,2009.–288с.
92. Полянская, Т. В. Особенности технологии обработки трикотажных изделий : учебное пособие / Т. В. Полянская. – М. : Форум, 2011. – 160 с.
93. Журавлева, Н. Л. Совершенствование бельевого комбинезона для космического скафандра / Н. Л. Журавлева // Тезисы докладов 65 научной конференции студентов и аспирантов «Молодые ученые – XXI веку. – 2012.
94. Журавлева, Н. Л. Модернизация индивидуального снаряжения космонавта / Н. Л. Журавлева // 11-я Международная конференция «Авиация и космонавтика – 2012». Тезисы докладов. – 2012.
95. ГОСТ 17037–85 Изделия швейные и трикотажные. Термины и определения. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 13 с.

96. ГОСТ 22977–89 Детали швейных изделий. Термины и определения. – М. : Издательство стандартов, 1990. – 10 с.
97. Единая методика конструирования одежды СЭВ (ЕМКО СЭВ). Градация деталей женской и мужской одежды. Том 4 / ЦНИИШП. – М. : ЦНИИТЭИлегпром, 1989. –177 с.
98. Серова, Т. М. Современные формы и методы проектирования швейного производства : учебное пособие для вузов и сузов / Т. М. Серова, А. И. Афанасьева, Т. И. Илларионова, Р. А. Делль. – М. : МГУДТ, 2004. – 288 с.
99. ГОСТ 26115–84 Изделия трикотажные верхние. Требования к пошиву. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2001. – 10 с.
100. ГОСТ 20521–75 Технология швейного производства. Термины и определения. – М. : Издательство стандартов, 1992. – 9 с.
101. ГОСТ 12807–2003 Изделия швейные. Классификация стежков, строчек и швов. – М. : Стандартинформ, 2005. – 114 с.
102. Силаева, М. А. Пошив изделий по индивидуальным заказам : учебник для начального профессионального образования / М. А. Силаева. – М. : Академия, 2006. – 528 с.
103. Отчет № 7133-11-2013 по результатам конструкторско-доводочных испытаний экспериментального бельевого комбинезона (Э 22-4170) : отчет о НИР / М.Э. Сазонкина – М.: НПП «Звезда», 2013.
104. Energy Accumulator® Tracksuit Long [electronic resource] / X-Bionic® – URL : <http://www.x-bionic.com/men/energy-accumulator/135189/detail>.
105. Журавлева, Н. Л. Влияние внутреннего слоя одежды на тепловое состояние космонавта / Н. Л. Журавлева, Е. В. Лунина // Дизайн и технологии. – 2013. - № 35 (77).
106. Протокол № 174 по результатам испытаний макета бельевого комбинезона с системой вентиляции для изделия «Сокол-М» : отчет о НИР / М. Э. Сазонкина – М. : НПП «Звезда», 2012.
107. Протокол по результатам испытаний вентиляционного костюма скафандра «Сокол-М» : отчет о НИР / А. Тюхтин, А.Н. Черкасов. – М.: НПП «Звезда», 2013.

СПИСОК ИЛЛЮСТРИРОВАННОГО МАТЕРИАЛА

Таблица 1 – Специальная одежда с устройствами для создания комфортного пододежного микроклимата

Таблица 2 – Параметры теплообмена космонавта со средой в обитаемом отсеке

Таблица 3 – Результаты исследований функциональных трикотажных полотен

Таблица 4 – Уточненная шкала процентного распределения типовых фигур офицеров СА и ВМФ второй полнотной группы

Таблица 5 – Уточненная шкала процентного распределения типовых фигур офицеров СА и ВМФ третьей полнотной группы

Таблица 6 – Размерная типология для проектирования ВК

Таблица 7 – Параметры взаимосвязи показателя T27 от T1

Таблица 8 – Параметры взаимосвязи показателя T68 от T1

Таблица 9 – Параметры взаимосвязи показателя T207 от T1

Таблица 10 – Параметры взаимосвязи показателя T207 от T16

Таблица 11 – Параметры взаимосвязи показателя T207 от T16

Таблица 12 – Значения вспомогательных размерных признаков для типовых фигур

Таблица 13 – Размерные признаки, необходимые для конструирования БК бельевого комбинезона ВК

Таблица 14 – Рекомендуемые прибавки для расчёта БК бельевого комбинезона

Таблица 15 - Расчет базовой и модельной конструкции стана мужского бельевого плечевого изделия (182-100-82), при $K_x = 0,81$, $K_y = 1,03$

Таблица 16 - Расчет базовой конструкции одношовного рукава из трикотажного полотна (182-100-82), при $K_x = 0,81$, $K_y = 1,03$

Таблица 17 – Расчет базовой конструкции мужских брюк (182-100-82) из трикотажного полотна, при $K_x = 0,81$, $K_y = 1,03$

Рисунок 1 – Различные изолирующие костюмы [8]

Рисунок 2 – Защитные комплекты сапера «Дублон», «Заслон», «Витязь-ПМ», «Витязь-ПМ-1С» [8]

Рисунок 3 – Вентилирующая рубашка компании «Thanko» [15]

Рисунок 4 – Вентилирующий жилет Ventilation Vest [16]

Рисунок 5 – Армейский вентилярующий жилет [17]

Рисунок 6 – Вентиляционный костюм ВК-3М: на схеме пунктирными линиями отмечено месторасположение системы вентиляции [18,19]

Рисунок 7 – Скафандры: *а* – космический скафандр "Сокол КВ-2" в кресле "Казбек" с затянутой привязной системой; *б* – авиационный скафандр «Баклан» в катапультном кресле К-36 ДМ с привязной парашютной системой [22]

Рисунок 8 – Схемы вентиляции скафандров [12]

Рисунок 9 – Система вентиляции скафандра, размещенная на внутренней поверхности герметичной оболочки [12]

Рисунок 10 – Вентиляционный костюм скафандра со смешанной (шланговой и панельной) системой вентиляции [12]

Рисунок 11 – Схема панели вентиляционного костюма [13]

Рисунок 12 – Костюм с водяным охлаждением [11]

Рисунок 13 – Классификация специзделий для создания комфортного пододежного микроклимата

Рисунок 14 – Топография перспирационных зон и потовых полей

Рисунок 15 – Поясничный центральный коллектор

Рисунок 16 – Поясничный коллектор со сплошными направляющими

Рисунок 17 – Разработанный центральный коллектор

Рисунок 18 – Общий вид разводки системы вентиляции

Рисунок 19 – Рассеивающий коллектор для вентиляции стопы

Рисунок 20 – Манжета брючины

Рисунок 21 – Место окончания воздухопроводов руки

Рисунок 22 – Различные варианты манжеты рукава

Рисунок 23 – Коллектор головы (два варианта)

Рисунок 24 – Г-образный коллектор головы

Рисунок 25 - Карта линий неизменной длины человеческого тела [53]

Рисунок 26 – Схема разведения воздухопроводов

Рисунок 27 – Взаимосвязь этапов проектирования ВК, состоящего из швейной оболочки с закрепленной на ней системой принудительной вентиляции

Рисунок 28 – Последовательность проектирования ВК с учетом параметров системы вентиляции

Рисунок 29 – Модель распределения сочетаний ведущих размерных признаков

Рисунок 30 – Гистограмма РП Т1

Рисунок 31 – Гистограмма РП Т16

Рисунок 32 – Модель плотности распределения значений показателя длина ноги по внутренней поверхности относительно роста

Рисунок 33 – Модель плотности распределения значений показателя длина руки до линии обхвата запястья относительно роста

Рисунок 34 – Модель плотности распределения значений показателя Т207 относительно роста

Рисунок 35 - Модель плотности распределения значений показателя Т207 относительно обхвата груди III

Рисунок 36 – Базисная сетка для построения верхней части бельевого комбинезона

Рисунок 37 – Базовая конструкция стана бельевого комбинезона

Рисунок 38 – Базовая конструкция рукава

Рисунок 39 – ИМК верхней части комбинезона с рукавом покроя реглан

Рисунок 40 – Базовая конструкция брюк

Рисунок 41 – Графическое преобразование БК брюк в одношовную исходную модельную конструкцию

Рисунок 42 – Построение исходной модельной конструкции комбинезона: соединение ИМК стана и брюк (а), преобразование полочки и спинки при добавлении динамической прибавки (б)

Рисунок 43 – Примерка макета конструкции бельевого комбинезона

Рисунок 44 – Технический эскиз вентиляционного комбинезона

Рисунок 45 – Разметка вентиляционных направляющих и конструктивно-декоративных элементов на основных деталях кроя

Рисунок 46 – Схема градации лекал деталей бельевого комбинезона ВК

Рисунок 47 – Схема изготовления комбинированного швейного изделия ВК

Рисунок 48 – Методы крепления системы вентиляции на ВК

Рисунок 49 – Нательное белье: а – экспериментальный бельевой комбинезон; б – термобелье фирмы «Х-Bionic»

Рисунок 50 – Примерка экспериментального вентиляционного костюма [101]

Рисунок 51 – Апробация вентиляционного костюма

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Справочные данные по теплообмену человека

Таблица А1 – Зависимость теплопродукция человека от возраста и пола [26]

В ваттах

Возраст, годы	Мужчины	Женщины
18 – 20	46,57	42,33
20 – 30	45,56	41,19
30 – 40	44,66	40,82
40 – 50	42,68	39,74
50 – 60	41,26	38,73

Таблица А2 – Зависимость скорости потери веса тела человека от температуры внешней среды [26]

Температура окружающей среды, °С	Средняя скорость потери веса, г/ч
5,3 – 10	17,2
10,4 – 15	32,5
15,8 – 18	35,2
19 – 22,2	36,0
23 - 25,6	45,6
27,2 – 30,6	84
30,6 – 35	125
41	331

Таблица А3 - Среднесуточный водный баланс человека [34]

Источник поступления и выделения воды	Наземные условия, см ³ /сут	Условия герметично замкнутого пространства, см ³ /сут
Потребление воды		
Общее потребление воды с жидкостями	1330 (600 – 2000)	1300 (1050-1900)
Потребление воды с твердой пищей	700 (350 – 800)	700
Метаболическая вода (за счет окисления компонентов пищи)	350 (300 – 400)	350
Итого	2600 (1250 – 3200)	2550 (2100 – 3300)
Выделение воды		
С мочой	1650 (900 – 1750)	1050 (800 – 1150)

Продолжение таблицы А3

Влагодотери в воздух (испарения через кожу и с выдыхаемым воздухом)	950 (300 – 1400)	1500 (1200 – 1500) до 2100 (при нахождении в скафандре)
Итого	2600 (1250 – 3200)	2550 (2100 – 3300)

Таблица А4 – Физические показатели стандартного космонавта [11]

Наименование параметра	Значение
Масса тела, кг	75 (муж.)
Рост стоя, см	175
Общая площадь поверхности тела, м ²	1,8 ÷ 1,95 (муж.)
Площадь поверхности частей тела относительно общей площади поверхности тела, %	
Голова, шея	9
Верхние конечности	18
Ладонь, пальцы	1
Общая поверхность потовых желез, см ²	60 ÷ 90
Относительная плотность тела	1,07
Скрытая теплота испарения при потоотделении, Вт • ч/г	0,58
Минимальная теплопроводность кожи, Вт/м ² • °С	5,28
Теплоемкость тела, Вт•ч/кг• °С	0,97

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Требования по устойчивости космического изделия к вибрациям и перегрузкам [39]

Вентиляционный костюм, уложенный в транспортном положении в качестве полезного груза должен сохранять механическую целостность и свои показатели назначения после внешних механических воздействий на него на участке выведения и автономного полета в трех взаимно перпендикулярных направлениях следующих факторов (указаны квалификационные значения):

- квазистатических ускорений с максимальным значением 98 м/с^2 (10 g) с учетом низкочастотной динамической составляющей, действующих до 600 с (коэффициент квалификации - 1,4);
- высокочастотных случайных вибраций на режимах, указанных в таблице Б1 (или синусоидальных вибраций на режимах, указанных в таблице Б2);

Таблица Б1 – Режимы высокочастотных случайных вибраций

Этапы полета	Частота, Гц						Продолжительность воздействия, с
	20-50	50-100	100-200	200-500	500-1000	1000-2000	
	Спектральная плотность ускорения, $\text{g}^2/\text{Гц}$						
Выведение на орбиту	0,020	0,020	0,02-0,05	0,050	0,050-0,025	0,025-0,013	120
	0,020	0,020	0,020	0,020-0,008	0,008-0,004	0,004-0,002	480
Автономный	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004-0,002	600

Примечания:

1. Изменение спектральной плотности ускорения от частоты в пределах каждого поддиапазона частот - линейное в логарифмической системе координат.
2. Прочность изделия при и после воздействия случайных вибраций допускается подтверждать испытаниями на расчетном режиме нагружения, обобщающем режиме, указанном в таблице.
3. Коэффициенты квалификации – 2,0 для спектральной плотности и продолжительности действия.
4. На частотах от 5 до 20 Гц руководствоваться таблицей Б2.

Таблица Б2 – Режимы синусоидальных вибраций

Этапы полета	Частота, Гц					Продолжительность воздействия, с
	5-25	25-200	200-800	800-1500	1500-2000	
	Амплитуда виброускорения, g					
Выведение на орбиту	1	1 - 3	3 - 5	5 - 8	8	300
Автономный полет	0,5	0,5 – 1,0	1 - 3	3 - 5	5 - 2	300

Примечания:

1. Изменение амплитуды виброускорения от частоты в пределах каждого поддиапазона частот - линейное при логарифмическом масштабе частоты.
2. Испытания проводятся плавным сканированием частоты от низшей к высшей со скоростью не более 0,5 окт/мин до частоты 100 Гц, от 100 до 2000 Гц - со скоростью не более 1,0 окт/мин.
3. Коэффициент квалификации – 1,4 для амплитуд виброускорения, и 2,0 для продолжительности действия.

– ударно-импульсных нагрузок на участке выведения, приведенных в таблице Б3 (коэффициент квалификации - 1,5);

Таблица Б3 – Ударно-импульсные нагрузки на участке выведения и при автономном полете

Пиковое значение ударного ускорения, m/c^2 (g)	Длительность действия ударного импульса, мс	Количество ударов в каждом направлении
± 392 (± 40)	1 – 3	7

ВК должен сохранять механическую целостность и свои показатели назначения в условиях орбитального полета после воздействия на него в трех взаимно перпендикулярных направлениях синусоидальной и случайной вибрации, квалификационные значения которой указаны в таблицах Б4 и Б5. Коэффициенты квалификации 2,0 для спектральной плотности и времени действия и 1,4 для амплитуды виброускорения.

Таблица Б4 – Квалификационные значения синусоидальной вибрации в орбитальном полете

Частота, Гц				Время воздействия, с
1-2	2-5	5-10	10-20	
Амплитуды виброускорений, м/с ² (g)				
0,50-0,80 (0,05-0,08)	0,80-0,98 (0,08-0,10)	0,98-1,27 (0,10-0,13)	1,27 (0,13)	9000 - 15 лет 1800 - 3 года
Примечание: изменение амплитуды виброускорения от частоты в пределах каждого поддиапазона частот; линейное при логарифмическом масштабе частоты.				

Таблица Б5 – Квалификационные значения случайной вибрации в орбитальном полете

Частота, Гц							Время воздействия, с
20	50	100	200	500	1000	2000	
Спектральная плотность ускорения, м ² ·с ⁻⁴ · Гц ⁻¹ (g ² /Гц)							
0,035 (0,0004)	0,035 (0,0004)	0,048 (0,0005)	0,043 (0,00045)	0,055 (0,0006)	0,042 (0,0004)	0,021 (0,0002)	9000 - 15 лет 1800- 3 года
Примечания: 1. Изменение спектральной плотности ускорения от частоты в пределах каждого поддиапазона частот - линейное при логарифмическом масштабе частоты и спектральной плотности ускорения. 2. При отсутствии оборудования испытания разрешается проводить на режиме синусоидальной вибрации, указанном в таблице Б6.							

Таблица Б6– Квалификационные значения высокочастотной синусоидальной вибрации в орбитальном полете

Частота, Гц						Время воздействия, с
20-50	50-100	100-200	200-500	500-1000	1000-2000	
Амплитуда виброускорения, м/с ² (g)						
1,27-1,96 (0,13-0,20)	1,96-3,34 (0,20-0,35)	3,34-4,41 (0,34-0,45)	4,41-7,84 (0,45-0,80)	7,84-9,80 (0,80-1,00)	9,8 (1,00)	9000 - 15 лет 1800- 3 года
Примечание – Изменение амплитуды виброускорения в пределах каждого поддиапазона частот - линейное при логарифмическом масштабе частоты.						

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Разработка конструкции наполнителя поясничного коллектора

При разработке поясничного коллектора было проработано и апробировано несколько вариантов конструкции наполнителя. Первый вариант наполнителя коллектора представлял собой так называемые «шайбы» диаметром 3 см и высотой 7 мм, вырубленные из листовой пенорезины (наиболее подходящий материал – достаточно мягок, чтобы располагать его под поясницей, но при этом достаточно упруг, чтобы не сминаться полностью под весом тела). По центру шайбы полые, для уменьшения веса конструкции. Подобные элементы применялись ранее в вентиляционных костюмах первых СК (описанных в первой главе), но там ими заполняли большие панели, используемые для вентиляции всей спины или всего торса. [12, 13]

В первом варианте поясничного коллектора (Рисунок В1) они были расставлены в шахматном порядке для создания каркасной поддержки внутри коллектора, минимизации его веса и сопротивления внутри. Но такой вариант расположения шайб не смог обеспечить полную продуваемость коллектора. При натурных испытаниях [48] было выявлено пережатие коллектора при расположении человека в кресле – значительная разница в объеме воздуха, поступающего в левую и правую части тела.

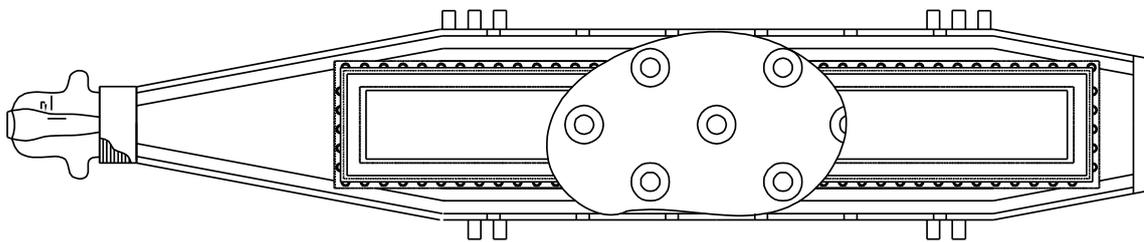


Рисунок В1 – Поясничный коллектор с «шайбами». Первый вариант

Во втором варианте поясничного коллектора была увеличена плотность и схема распределения шайб – теперь они располагаются рядами, образуя прямооточные

воздушные каналы. А так же увеличена высота половины шайб (в шахматном порядке) за счет их дублирования (Рисунок В2).

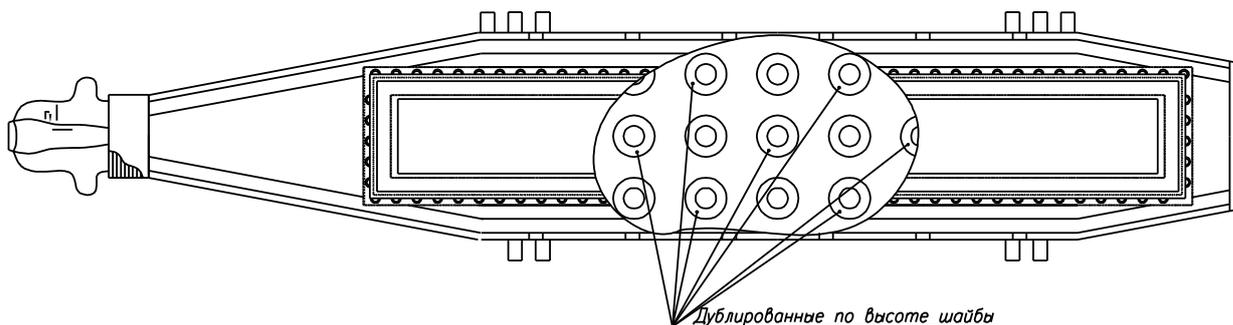


Рисунок В2 – Поясничный коллектор с «шайбами». Второй вариант

При имитации нагрузки от спины на поясной коллектор данной конструкции также практически полностью прекращалась подача воздуха во вторую половину коллектора.

Для устранения пережатия коллектора под нагрузкой все шайбы продублировали для увеличения их высоты. Доработка коллектора дала положительные результаты, но при повторных испытаниях все равно наблюдалось пережатие коллектора спиной при расположении в кресле и значительное уменьшение подачи воздуха во вторую половину.

После этого было принято решение, что для такого ответственного участка системы вентиляции, с учетом его небольшой площади, недостаточно «шайбочного» наполнителя. Для обеспечения стабильного потока воздуха и малого сопротивления на данном участке необходимо увеличить жёсткость конструкции.

Поэтому был разработан новый вариант (Рисунок 16) со сплошными направляющими из той же пены, а также центральный воздушный канал внутри коллектора был усилен тонкой металлической каркасирующей спиралью прямоугольного сечения (повторяющего форму воздуховода).

При испытаниях данной конструкции в составе вентиляционного костюма сопротивление системы потоку воздуха 150 л/мин составило около 42 мм вод.ст.; при расположении испытателя в кресле подача воздуха во вторую половину коллектора не уменьшилась [48].

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Разработка формы фронтального коллектора

На основе выявленных требований был разработан ориентировочный внешний вид центрального фронтального коллектора – рисунок Г1.

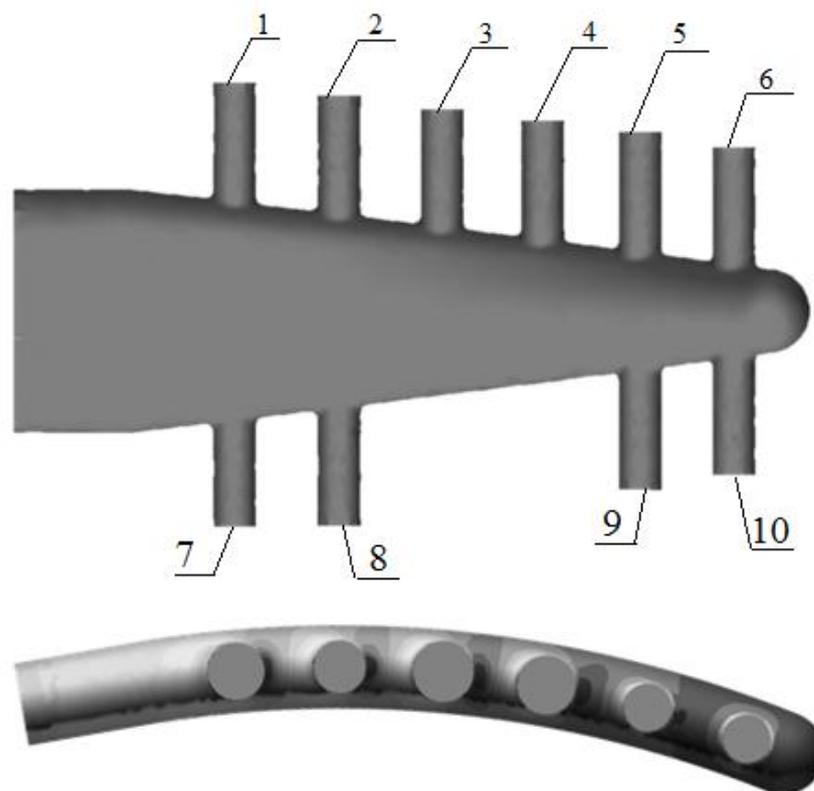


Рисунок Г1 – Модель центрального коллектора

Немаловажный аспект в форме коллектора – это сужение детали от входного отверстия к законцовке. От угла сужения может зависеть сопротивление детали и, следовательно, эффективность всей системы, т.к., например, при подаче воздуха в систему от бортовой вентиляционной установки объем подаваемого воздуха обратно пропорционален сопротивлению системы вентиляции. Для определения оптимального угла сужения воспользуемся методом компьютерного моделирования. На рисунке Г2 представлены различные вариации формы коллектора, отличающиеся углом сужения (соотношением высоты входного отверстия к законцовке). В таблицах Г1 и Г2 приведены их параметры. Цветовая дифференциация на рисунке Г2 отображает сопротивление детали, по шкале, приведенной слева от каждого рисунка.

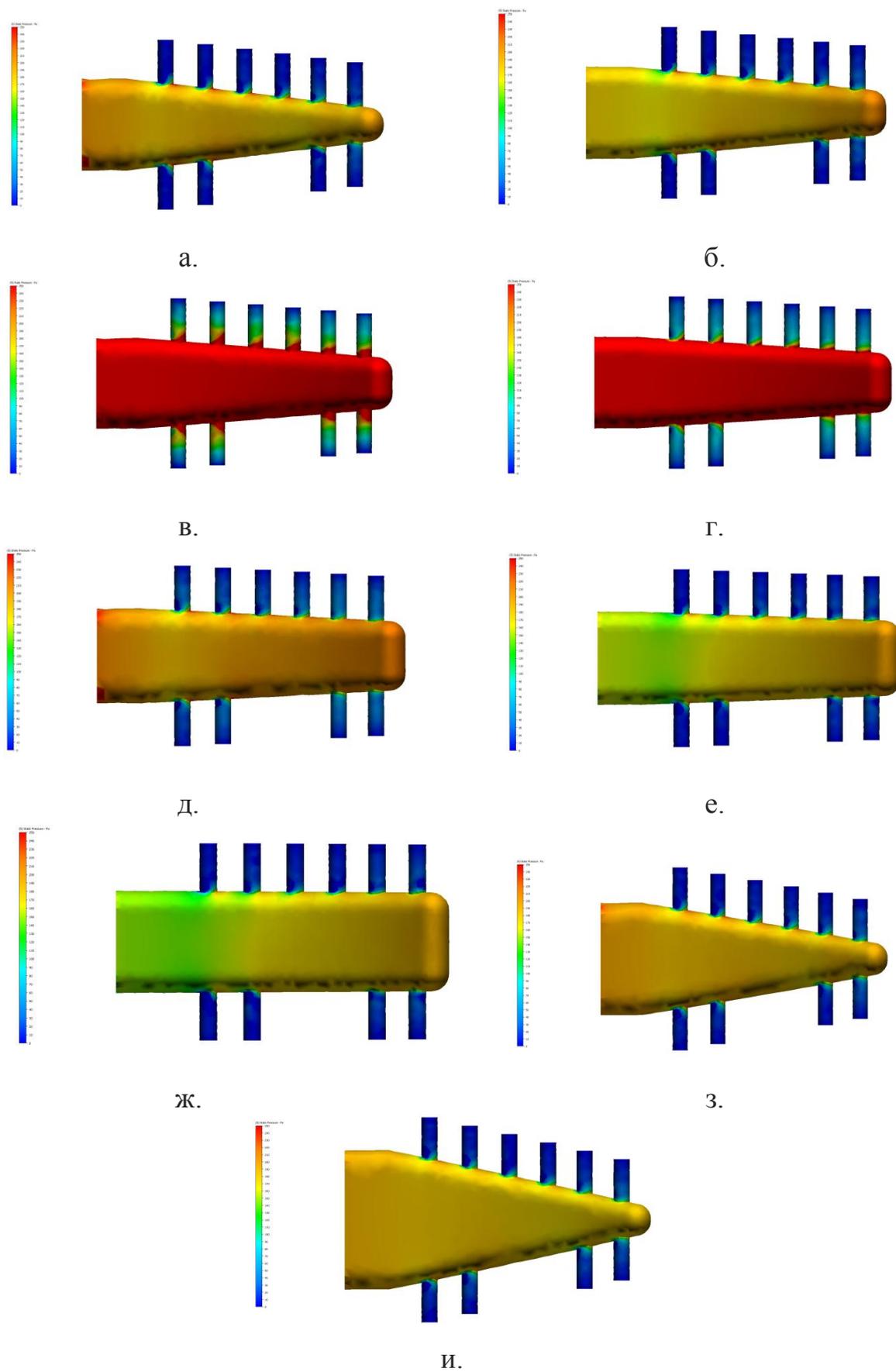


Рисунок Г2 – Моделирование сопротивления коллектора в зависимости от формы

Таблица Г1 – Параметры проработанных коллекторов

Рисунок Г	Высота входного отверстия / за- концовки, мм (их соотношение)	Общее сопротивление детали, мм.вод. ст.
а	20/1 (0,05)	20,96
б	20/5 (0,25)	18,01
в	20/7,5 (0,38)	53,31
г	20/10 (0,50)	31,96
д	20/12,5 (0,63)	21,95
е	20/15 (0,75)	15,96
ж	20/19 (0,95)	15,04
з	30/1 (0,03)	20,36
и	40/1 (0,02)	19,47

Программа Autodesk Simulation CFD позволяет просчитать, сколько литров в минуту будет выходить из каждого отверстия при заданном расходе (величине подаваемого воздуха). Согласно исходным данным, полученным в главе 2, расход системы равен 200 л/мин. Выходные данные спроектированных коллекторов сведены в таблице Г2.

Таблица Г2 – Выходные данные спроектированных коллекторов

В литрах /минуту

Рисунок Г	Объем воздуха, поступающий в отверстие №									
	рука		голова		рука		нога		нога	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
а	19,65	20,07	19,93	19,60	19,80	20,79	19,44	19,35	20,21	20,69
б	19,06	19,77	19,84	20,37	20,44	20,97	19,09	19,34	20,27	20,86
в	18,45	17,83	20,79	19,66	21,29	22,04	18,63	18,63	20,35	21,55
г	18,65	18,86	20,55	19,97	20,58	21,94	18,52	19,17	20,18	21,34
д	17,77	19,51	21,32	20,27	20,85	21,28	18,34	19,82	19,76	20,98
е	17,90	19,06	20,24	20,61	21,18	21,29	18,33	19,21	20,62	21,22
ж	17,91	18,69	19,85	20,11	20,99	21,17	18,11	20,35	20,58	20,94
з	20,30	20,21	20,60	20,77	19,47	20,17	20,04	19,82	19,18	19,98
и	19,93	20,46	20,48	19,28	19,12	21,16	20,16	19,85	19,94	19,99

Как видно по рисунку Г2 и таблице Г1, сопротивление детали не прямо пропорционально углу наклона стенки коллектора, существует некая закономерность, которую можно проследить на графике (Рисунок Г3), составленном по таблице Г1. Из графика видно, что сопротивление детали имеет свой пик при соотношении концов детали 0,35, затем идет на спад, и после 0,7 сопротивление изменяется мало, в пределах 2 мм вод. ст., что является незначительной величиной.



Рисунок Г3 – График соотношения формы коллектора к его сопротивлению

На основании всех проведенных исследований сделан вывод, что наименьшим сопротивлением и наиболее ровным распределением потока обладает самая прямая модель коллектора, с соотношением концов 0,95, (см. Рисунок Г2, ж). Эта модель была использована для дальнейших работ.

При первоначальном моделировании коллектора все выходные отверстия были заложены одинакового диаметра, что дало нам практически одинаковый расход (20 л/мин) во всех выходных каналах (см. Таблица Г2). При суммировании получается, что в ноги и руки идет по 80 л/мин (40% подаваемого воздуха), а в голову только 40 л/мин (20% подаваемого воздуха). Данное распределение не соответствует принятой ранее (см. раздел 2.4.1) схеме распределения воздушного потока, и не допустимо, из-за малого объема воздуха, подаваемого для вентиляции головы. Согласно принятой схеме распределения в голову должно идти 35%

подаваемого воздуха – 70 л/мин (при объеме подаваемого воздуха 200 л/мин); в руки 40% – 80 л/мин и в ноги 25% – 50 л/мин. Для достижения этого необходимо перераспределить воздушный поток, уменьшив объем поступающий в ноги, и направить его в голову, что можно сделать, увеличив количество выходов ведущих в голову. Но это увеличит длину коллектора и дополнительно повлияет на объем воздуха подаваемый в руки, который нас в данном случае устраивает.

Второй вариант изменить распределение потока – изменить диаметры выходных отверстий, тем самым увеличив или уменьшив сопротивление в конкретной точке (на выходе) и соответственно изменив объем выходящего воздуха.

Проведя расчеты методом пропорций получаем, что для достижения необходимого результата диаметр отверстий выходящих в голову необходимо увеличить в 1,5 раза, а диаметр отверстий ведущих в ноги – уменьшить в 0,75 раза. Данное предположение было смоделировано на компьютерной 3D модели, в результате выведена следующая закономерность: учитывая ламинарный характер потока в вентиляционном коллекторе, получается, что из-за скорости и напора, воздушные струи пролетают мимо первых отверстий и в основной своей массе проходят в противоположный конец коллектора, где встретив препятствие, расходятся в боковые отверстия. Даже при сравнении двух соседних отверстий с одинаковым диаметром видно, что во втором отверстии расход всегда больше (Таблица Г3).

С целью определения приемлемых диаметров отверстий, было смоделировано и просчитано в программе двадцать различных комбинаций, т.к. изменение одного диаметра неизбежно влечет за собой изменение расхода в соседних выходах. В таблице Г3 приведены четыре варианта: первый, конечный и два переходных варианта – этого достаточно для составления картины происходящего процесса. В результате проведенной работы принято решение апробировать вариант № 4 (Таблица Г3) с разными внутренними диаметрами отверстий (Рисунок Г3), т.к. он дает наиболее близкий к заданным параметрам расход (в пределах расчетной погрешности), а, следовательно, обеспечит необходимое распределение воздушного потока по воздуховодам.

Таблица Г3 – Параметры выходных отверстий различных коллекторов

№ отверстия	Необходимый расход	Вариант №1		Вариант №2		Вариант №3		Вариант №4	
		Диаметр, мм	Расход, мм.во д.ст						
1	20	6,50	16,67	7,20	17,29	7,50	19,38	7,60	20,43
2	20	6,50	18,44	7,20	18,69	7,00	20,38	7,00	19,98
3	30	8,00	26,06	8,00	26,46	8,20	30,84	8,10	29,40
4	30	8,00	28,95	8,00	29,08	7,80	29,94	7,80	29,79
5	20	6,50	22,68	7,00	22,76	6,40	20,20	6,40	20,23
6	20	6,50	23,76	7,00	22,90	6,40	20,09	6,40	20,31
7	15	5,70	12,53	6,30	14,10	6,30	14,78	6,30	14,99
8	15	5,70	15,09	6,30	15,64	5,80	14,78	5,80	14,90
9	15	5,70	17,09	6,10	16,53	5,70	15,32	5,70	15,08
10	15	5,70	17,69	6,10	16,59	5,60	14,77	5,60	14,92

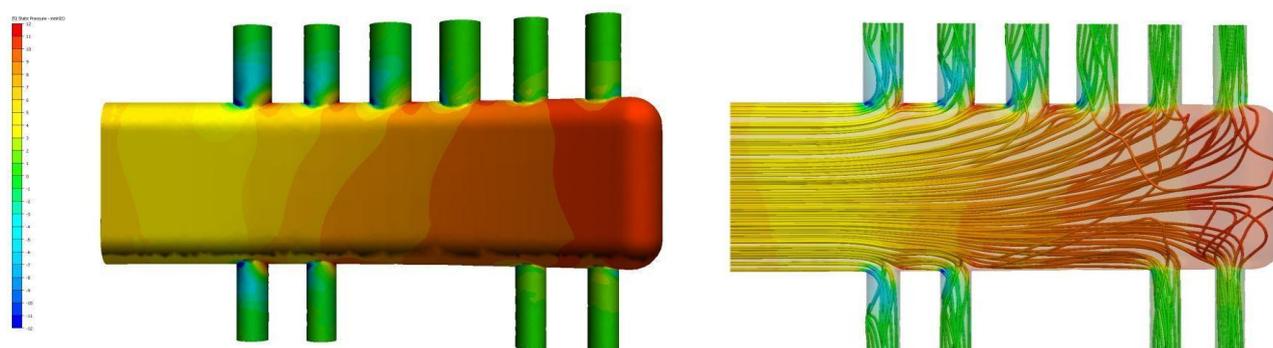


Рисунок Г3 – Итоговый вариант центрального коллектора: диаграмма сопротивления внутри детали и схема прохождения воздушного потока

Полученный центральный коллектор удовлетворяет всем предъявляемым к нему требованиям, и может использоваться в вентиляционных костюмах различных комплектов спецодежды.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д**Сравнительные испытания «функциональных» трикотажных полотен****ОТЧЕТ****о проведении сравнительных испытаний новых трикотажных полотен для разработки нового бельевого комбинезона.**

Исполнители: Журавлева Н.Л., Матюхина Н.М.

22.05.2012

Введение

В связи с моральным устареванием действующего хлопчатобумажного кулирного полотна по ГОСТ 28554-90, применяемого для изготовления штатного белья космонавтов, были найдены новые виды функционального трикотажа. В связи с этим, для выбора наиболее подходящего материала и определения возможности штатного применения нового полотна, необходимо провести ряд сравнительных испытаний. А именно: испытания по определению разрывной нагрузки, разрывного удлинения, остаточной деформации, прочности ниточного соединения, паропроницаемости, воздухопроницаемости, капиллярности, прочности окраски, водопоглощаемости. Испытания по определению данных параметров полотен проводились в научно-исследовательской лаборатории кафедры «Материаловедения» Московского государственного университета дизайна и технологии.

Объект испытаний

Полотна трикотажные фирмы «Грация» (Grace), страна-производитель Польша, следующих артикулов:

- F-002/C (Coolmax), цвет василек, поверхностная плотность $143,3 \text{ г/м}^2$, состав 100% полиэстер;

- F-002/ММ (Moisture Management), цвет белый, поверхностная плотность 131,7 г/м², состав 100% полиэстер;

- K-001РА/200 (Tactel), цвет черный, поверхностная плотность 211,7 г/м², состав 94% полиамид, 6% спандекс;

- TERMOLITE T20-645 (Coolmax), цвет белый, поверхностная плотность 178,3 г/м², состав 100% полиэстер;

- POLI-160 («Сандвич»), цвет белый, поверхностная плотность 156,7 г/м², состав 51% полиэстер, 49% хлопок.

Цель испытаний

Определение остаточной деформации, прочности ниточного соединения, паропроницаемости, воздухопроницаемости, капиллярности, прочности окраски, водопоглощаемости 5 видов трикотажных полотен.

Методика проведения испытаний

Испытания по определению остаточной деформации проводились по методике МГУДТ на релаксметре типа «стойка» при постоянной нагрузке. Размеры испытуемых проб 25x200 мм (рабочая зона 25x160 мм). Нагружающее усилие 10% от разрывного (5,7 кг по длине и 6,4 кг по ширине). Продолжительность действия усилия на пробу – 30 мин; продолжительность отдыха после нагрузки - 30 мин.

Величина остаточной деформации определяется по формуле:

$$\varepsilon = 100 (L_3 - L_0) / L_0,$$

где L_3 – длина рабочего участка после отдыха;

L_0 – первоначальная длина рабочего участка.

Испытания по определению капиллярности проводились в соответствии с ГОСТ 3816-81.

Испытания по определению прочности окраски к действию пота проводились по ГОСТ 9733.6-83, ГОСТ Р ИСО 105-E04-99; по определению прочности окраски к тернию – по ГОСТ 9733.27-83, ГОСТ Р ИСО 105-X12-99.

Испытания по определению прочности ниточного соединения проводились на приборе РТ-250 в механической лаборатории МГУДТ. Размеры 3-х элементарных проб 50x250 мм. Предварительно каждую пробу разрезают посередине (по ширине) и сшивают на плоскошовной машине. Далее пробу зажимают с двух сторон в рукоятках прибора, затем освобождают верхнюю, нажимают кнопку «старт», предварительно выбрав скорость перемещения зажима. По показаниям шкалы определяют величину разрывного усилия и разрывного удлинения в момент разрыва шва.

Испытания по определению паропроницаемости проводились по методике ГОСТ 22900-78 для изотермических условий. Первое взвешивание проб (по достижению равновесного состояния) проводилось через 1 час выдержки в эксикаторе. Окончательное взвешивание – спустя 24 часа выдержки в эксикаторе.

Испытания по определению воздухопроницаемости проводились на приборе ВПТМ-2 по следующей методике: сначала устанавливают в нулевое положение уровень спирта в индикаторе разряжения, далее кладут кусок ткани 50x50 см под сужающее устройство прибора и включают прибор. По показаниям дифференциального манометра, по таблицам перевода, определяют расход воздуха, проходящего через пробу.

Испытания по определению водопоглощаемости. Из каждого полотна вырезают по три пробы 50x50 мм, каждую пробу взвешивают, затем помещают в сосуд с дистиллированной водой до полного погружения пробы. В воде пробы выдерживают 1 час, после чего помещают между тремя слоями фильтровальной бумаги и прокатывают валиком массой 1000 г. После этого пробы снова взвешивают на весах с той же погрешностью и по разности масс определяют водопоглощение.

Результаты

Результаты испытаний представлены в сводной таблице 1. Данные по каждому эксперименту приведены в таблицах в Приложении 1.

	поверхностная плотность	толщина	прочность ниточного соединения	остаточная деформация	разрывная нагрузка	прочность окраски	капиллярность (за час)	воздухопроницаемость	водопоглощаемость	разрывная нагрузка
F-002/C (Coolmax), цвет василек	143,3 г/м ²	1,54 мм	порвался трикотаж, шов целый	по длине 14,8, по ширине 21,7%	105% дли 161,7 ширине	прочная или особо прочная	190 мм (высота), 194 мм (ширина)	$V_p = 687,6$ [л/(м ² *с)]	61,6%	51 кгс (длина), 30 кгс (ширина)
F-002/ММ (Moisture Management), цвет синий	131,7 г/м ²	1,52 мм	порвался трикотаж, шов целый	по длине 17,1%, по ширине 23,4%	105% по длине, 196% по ширине	прочная окраска	165 мм (высота), 154 мм (ширина)	$V_p = 738,4$ [л/(м ² *с)]	61,5%	52 кгс (длина), 30,3 кгс (ширина)
K-001РА/200 (Tactel), цвет черный	211,7 г/м ²	1,63 мм	трикотаж не порвался, шов практически целый	по длине 20%, по ширине 24,9%	146% по длине, 263% по ширине	прочная или особо прочная	187 мм (высота), 165 мм (ширина)	$V_p = 145,5$ [л/(м ² *с)]	36,3%	85,3 кгс (длина), 39,3 кгс (ширина)
TERMOLITE T20-645 (Coolmax), цвет белый	178,3 г/м ²	1,65 мм	разошелся шов, трикотаж целый	по длине 3,6%, по ширине 22,6%	116,6% по длине, 180% по ширине	прочная окраска	135 мм (высота), 158 мм (ширина)	$V_p = 460,4$ [л/(м ² *с)]	66,1%	56,6 кгс (длина), 41,7 кгс (ширина)
ROLL-160 («Сандвич»), цвет белый	156,7 г/м ²	1,75 мм	порвался трикотаж вокруг шва, шов целый	по длине 8,5%, по ширине 24,2%	103,3% по длине, 133,3% по ширине	прочная окраска	205 мм (высота), 184 мм (ширина)	$V_p = 1042$ [л/(м ² *с)]	79,2%	32,3 кгс (длина), 25,6 кгс (ширина)

Выводы

Опираясь на полученные данные, был выбран образец №4 - TERMOLITE T20-645, Coolmax, цвет белый. Волокнистый состав – 100% полиэстер. Этот образец имеет один из наивысших показателей паропроницаемости, низкий показатель остаточной деформации (что значительно превосходит показатели предыдущего полотна). Также немаловажно, что при действии разрывной нагрузки на шов, трикотаж остался целым, а это стоит учитывать, т.к. в дальнейшем планируетсяшивать систему вентиляции и под ее весом трикотаж не должен оттягиваться и рваться.

Приложение 1.

Водопоглощаемость образцов трикотажных полотен*coolmax василек*

№	Масса сухих проб, г	Масса влажных проб,г	Водопоглощаемость, %
1	0,355	0,565	
2	0,355	0,590	
3	0,340	0,570	
4	0,345	0,530	
Ср.	0,349	0,564	61,6%

ММ синий

№	Масса сухих проб, г	Масса влажных проб,г	Водопоглощаемость, %
1	0,340	0,550	
2	0,345	0,600	
3	0,340	0,530	
4	0,345	0,535	
Ср.	0,343	0,554	61,5%

tactel черный

№	Масса сухих проб, г	Масса влажных проб,г	Водопоглощаемость, %
1	0,595	0,935	
2	0,605	0,960	
3	0,550	0,860	
4	0,550	0,855	
Ср.	0,575	0,903	36,3%

coolmax белый

№	Масса сухих проб, г	Масса влажных проб,г	Водопоглощаемость, %
1	0,465	0,785	
2	0,480	0,805	
3	0,460	0,775	
4	0,460	0,730	
Ср.	0,466	0,774	66,1%

«сэндвич» белый

№	Масса сухих проб, г	Масса влажных проб,г	Водопоглощаемость, %
1	0,420	0,715	
2	0,425	0,730	
3	0,430	0,750	
4	0,415	0,835	
Ср.	0,423	0,758	79,2%

Определение прочности окраски***ММ синий***

Вид воздействия	Прочность окраски, баллы			
	По изменению первоначальной окраски		По закрашиванию белого материала	
	эксперимент.	ГОСТ	эксперимент.	ГОСТ
Раствор «пота»	5	4	5	4
Сухое трение	-	-	4	4
Мокрое трение	-	-	4	-

tactel черный

Вид воздействия	Прочность окраски, баллы			
	По изменению первоначальной окраски		По закрашиванию белого материала	
	эксперимент.	ГОСТ	эксперимент.	ГОСТ
Раствор «пота»	5	4	5	4
Сухое трение	-	-	5	4
Мокрое трение	-	-	5	-

coolmax василек

Вид воздействия	Прочность окраски, баллы			
	По изменению первоначальной окраски		По закрашиванию белого материала	
	эксперимент.	ГОСТ	эксперимент.	ГОСТ
Раствор «пота»	5	4	5	4
Сухое трение	-	-	5	4
Мокрое трение	-	-	5	-

coolmax белый

Вид воздействия	Прочность окраски, баллы			
	По изменению первоначальной окраски		По закрашиванию белого материала	
	эксперимент.	ГОСТ	эксперимент.	ГОСТ
Раствор «пота»	-	-	5	4
Сухое трение	-	-	-	-
Мокрое трение	-	-	-	-

«сэндвич» белый

Вид воздействия	Прочность окраски, баллы			
	По изменению первоначальной окраски		По закрашиванию белого материала	
	эксперимент.	ГОСТ	эксперимент.	ГОСТ
Раствор «пота»	-	-	5	4
Сухое трение	-	-	-	-
Мокрое трение	-	-	-	-

4)

Определение показателей остаточной деформации образцов***tactel* черный**

Вид пробы	№ пробы	Длина пробы l (мм) после времени						
		Действия нагрузки				отдыха		
		5 с	5 мин	15 мин	30 мин	5 с	5 мин	30 мин
петельные столбики (длина) Груз 8,3 кг	1 - 16,0см	30,0	30,3	30,4	30,5	21,4	20,1	20,0
	2 - 16,0см	29,7	30,3	30,3	30,6	21,8	20,6	20,0
	Ср. = 16,0	29,9	30,3	30,35	30,55	21,6	20,4	20,0
Петельные ряды (ширина) Груз 3,7 кг	1 - 16,0см	51,5	52,4	52,3	52,4	23,3	21,6	20,6
	2 - 16,0см	55,8	56,2	56,5	56,6	24,4	22,8	22,0
	Ср. = 16,0	53,7	54,3	54,4	54,5	23,9	22,2	21,3

***ММ* синий**

Вид пробы	№ пробы	Длина пробы l (мм) после времени						
		Действия нагрузки				отдыха		
		5 с	5 мин	15 мин	30 мин	5 с	5 мин	30 мин
петельные столбики (длина) Груз 5,0 кг	1 – 15,8см	25,9	26,3	26,4	26,4	20,2	19,5	18,7
	2 – 15,8см	24,8	24,8	25,0	25,3	20,1	19,8	18,2
	Ср. = 15,8	25,4	25,6	25,7	25,9	20,15	19,7	18,5
Петельные ряды (ширина) Груз 2,8 кг	1 - 16,0см	39,5	39,9	39,9	39,9	23,0	22,0	20,7
	2 - 15,8см	39,5	39,1	39,4	39,5	23,2	21,8	20,8
	Ср. = 15,9	39,5	39,5	39,7	39,7	23,1	21,9	20,75

соломах василек

Вид пробы	№ пробы	Длина пробы l (мм) после времени						
		Действия нагрузки				отдыха		
		5 с	5 мин	15 мин	30 мин	5 с	5 мин	30 мин
петельные столбики Груз 5,0 кг	1 – 16,0см	25,6	26,4	26,4	26,5	30,2	18,6	19,0
	2 – 16,2см	26,6	27,4	27,4	27,5	30,8	19,0	18,8
	Ср. = 16,1	26,1	26,9	26,9	27,0	30,5	18,8	18,9
Петельные ряды Груз 3,0 кг	1 – 15,9см	36,5	37,5	37,5	37,6	22,4	21,9	20,4
	2 - 15,9см	35,0	35,4	35,6	35,9	23,2	21,9	20,2
	Ср. = 15,9	35,8	36,5	36,6	36,8	22,8	21,9	20,3

«сэндвич» белый

Вид пробы	№ пробы	Длина пробы l (мм) после времени						
		Действия нагрузки				отдыха		
		5 с	5 мин	15 мин	30 мин	5 с	5 мин	30 мин
петельные столбики (длина) Груз 3,2 кг	1 – 16,2см	23,0	23,4	23,4	23,4	19,2	18,4	17,4
	2 – 16,0см	22,8	23,3	23,3	23,3	18,9	18,3	17,8
	Ср. = 16,1	22,9	23,35	23,35	23,35	19,05	18,35	17,6
Петельные ряды (ширина) Груз 2,5 кг	1 – 16,0см	29,7	30,3	30,3	30,4	23,5	22,3	20,9
	2 – 16,0см	30,0	30,4	30,4	30,4	23,6	22,3	21,3
	Ср. = 16,0	29,9	30,35	30,35	30,4	23,55	22,3	21,1

соломах белый

Вид пробы	№ пробы	Длина пробы l (мм) после времени						
		Действия нагрузки				отдыха		
		5 с	5 мин	15 мин	30 мин	5 с	5 мин	30 мин
петельные столбики (длина) Груз 5,6 кг	1 – 16,0см	22,2	22,8	23,0	23,0	17,2	17,1	16,6
	2 – 15,8см	23,0	23,0	23,0	23,2	17,4	16,8	16,3
	Ср. = 15,9	22,6	22,9	23,0	23,1	17,3	17,0	16,5
Петельные ряды (ширина) Груз 4,0 кг	1 – 16,3см	38,0	40,8	41,3	41,3	24,7	23,0	21,5
	2 – 16,3см	39,5	40,3	40,5	40,5	24,0	22,0	20,6
	Ср. = 16,3	38,8	40,6	40,9	40,9	24,4	22,5	21,05

Определение прочности ниточного соединения образцов

coolmax василек

№ пробы	Значения показателей для проб			
	По петельным столбикам		По петельным рядам	
	Р р.с, Н	Л р.с, мм	Р р.р, Н	Л р.р, мм
1	320	107	225	186
2	250	94	200	176
среднее	285	100,5	212,5	181

ММ синий

№ пробы	Значения показателей для проб			
	По петельным столбикам		По петельным рядам	
	Р р.с, Н	Л р.с, мм	Р р.р, Н	Л р.р, мм
1	350	100	200	200
2	460	113	185	200
среднее	405	106,5	192,5	200

tactel черный

№ пробы	Значения показателей для проб			
	По петельным столбикам		По петельным рядам	
	Р р.с, Н	Л р.с, мм	Р р.р, Н	Л р.р, мм
1	475	131	50	197
2	480	136	45	197
среднее	477,5	133,5	47,5	197

coolmax белый

№ пробы	Значения показателей для проб			
	По петельным столбикам		По петельным рядам	
	Р р.с, Н	Л р.с, мм	Р р.р, Н	Л р.р, мм
1	325	120	315	197
2	345	127	250	179
среднее	335	123,5	282,5	188

«сэндвич» белый

№ пробы	Значения показателей для проб			
	По петельным столбикам		По петельным рядам	
	Р р.с, Н	Л р.с, мм	Р р.р, Н	Л р.р, мм
1	145	70	150	135
2	140	68	200	145
среднее	142,5	69	175	140

Определение воздухопроницаемости образцов

coolmax василек (столик 5 см²)

№ пробы	Перепад давления, ΔР, мм.спирт.ст.	Коэффициент воздухопроницаемости, В _р , л/(м ² *с)
1	72	720
2	63	676
3	63	676
4	65	686
5	64	680
среднее	65,4	687,6

tactel черный (столик 20 см²)

№ пробы	Перепад давления, ΔР, мм.спирт.ст.	Коэффициент воздухопроницаемости, В _р , л/(м ² *с)
1	45	142,5
2	50	150,0
3	52	153,0
4	49	148,5
5	39	133,5
среднее	47	145,5

coolmax белый (столик 5 см²)

№ пробы	Перепад давления, ΔР, мм.спирт.ст.	Коэффициент воздухопроницаемости, В _р , л/(м ² *с)
1	34	498
2	33	492
3	27	444
4	26	434
5	26	434
среднее	29,2	460,4

«сэндвич» белый (столик 2 см²)

№ пробы	Перепад давления, ΔР, мм.спирт.ст.	Коэффициент воздухопроницаемости, В _р , л/(м ² *с)
1	23	1020
2	23	1020
3	26	1085
4	25	1065
5	23	1020
среднее	24	1042

ММ синий (столик 5 см²)

№ пробы	Перепад давления, ΔP, мм.спирт.ст.	Коэффициент воздухопроницаемости, В _р , л/(м ² *с)
1	68	700
2	64	680
3	75	736
4	85	786
5	86	790
среднее	75,6	738,4

* В_р измерялось в свободном состоянии, в натянутом этот показатель будет выше.

Определение капиллярности*coolmax василек*

Высота поднятия жидкости h, см	Время, мин								
	0	1	5	10	20	30	40	50	60
- по петельным столбикам	0,8	5,0	10,3	13,4	16,3	16,8	18,5	18,7	19,0
- по петельным рядам	0,3	6,2	11,5	14,5	17,0	17,8	18,4	18,5	19,4

ММ синий

Высота поднятия жидкости h, см	Время, мин								
	0	1	5	10	20	30	40	50	60
- по петельным столбикам	0,7	7,3	11,5	14,2	15,8	15,9	16,4	16,5	16,5
- по петельным рядам	1,0	7,0	10,7	13,3	14,3	14,5	15,2	15,2	15,4

tactel черный

Высота поднятия жидкости h, см	Время, мин								
	0	1	5	10	20	30	40	50	60
- по петельным столбикам	0,9	6,0	9,5	10,2	13,4	14,9	18,6	18,7	18,7
- по петельным рядам	1,2	5,2	8,3	10,6	12,1	13,7	15,5	15,5	16,5

coolmax белый

Высота поднятия жидкости h, см	Время, мин								
	0	1	5	10	20	30	40	50	60
- по петельным столбикам	1,5	5,0	8,4	8,6	10,6	11,0	12,5	12,8	13,5
- по петельным рядам	1,5	5,3	10,0	11,5	13,1	14,4	14,8	15,2	15,8

«сэндвич» белый

Высота поднятия жидкости h, см	Время, мин								
	0	1	5	10	20	30	40	50	60
- по петельным столбикам	1,5	8,0	11,6	14,3	16,4	17,5	19,0	20,5	20,5
- по петельным рядам	0,8	6,0	10,0	12,0	13,5	14,8	16,0	16,4	18,4

Определение разрывной нагрузки и разрывного удлинения образцов

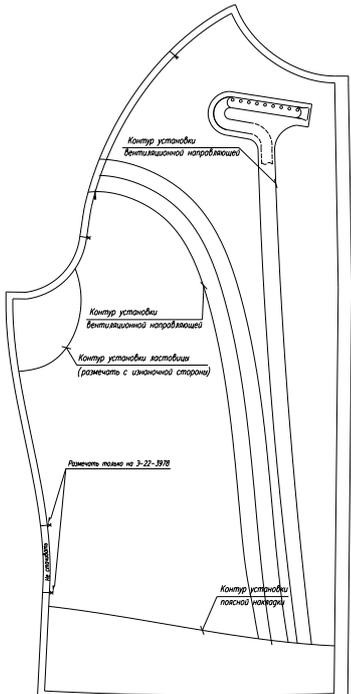
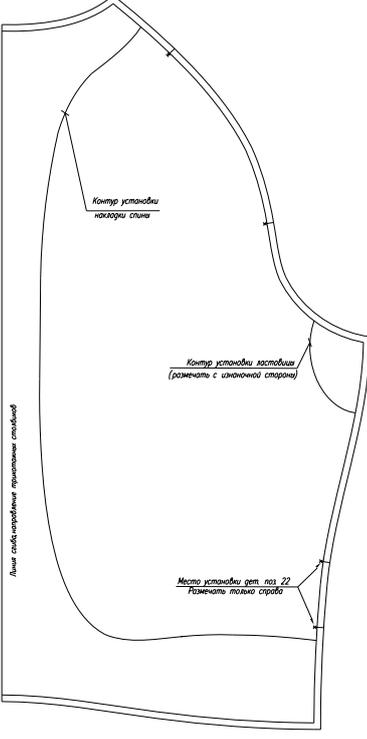
Наименование полотна	По длине		По ширине	
	Разрывная Нагрузка (кгс)	Разрывное Удлинение (%)	Разрывная Нагрузка (кгс)	Разрывное Удлинение (%)
F-002\ (Coolmax) цвет: василек пов.плотность-143,3 г\м ²	52 54 47 Ср.51	110 105 100 Ср.105	32 30 28 Ср.30	165 160 160 Ср.161,7
F-002\MM Цвет: синий Пов. Плотность-131,7 г\мм ²	34 67 55 Ср.52	80 120 115 Ср.105	34 29 28 Ср.30,3	200 195 195 Ср.196
K-001PA\200 (tactel) Цвет: черный Пов. Плотность-211,7 г\м ²	90 78 88 Ср.85,3	155 150 135 Ср.146	38 38 42 Ср.39,3	250 260 280 Ср.263
ТЕРМОЛАЙТ (coolmax) T20-645 Цвет: белый Пов. Плотность- 178,3 г\м ²	55 55 60 Ср.56,6	120 110 120 Ср.116,6	43 42 40 Ср.41,7	180 170 190 Ср.180
POLI-160 («сэндвич») Цвет: белый Пов. Плотность-156,7 г\м ²	33 34 30 Ср.32,3	100 110 100 Ср.103,3	26 24 27 Ср.25,6	130 135 135 Ср.133,3

Испытание проводилось по методикам ГОСТ 8847-85 и ГОСТ8845-87

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

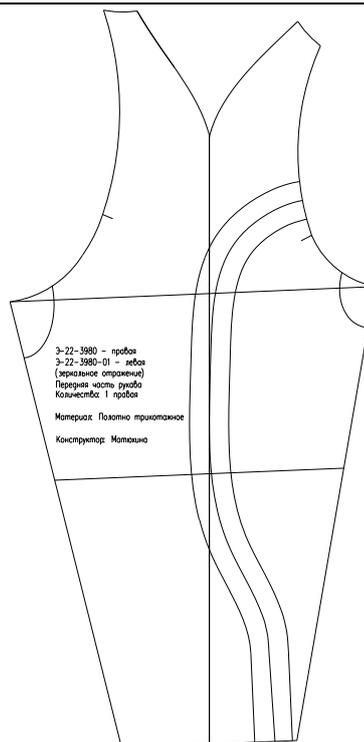
Разработка конструктивно-декоративных элементов ВК

Таблица Е1 – Перечень лекал деталей и функциональных элементов

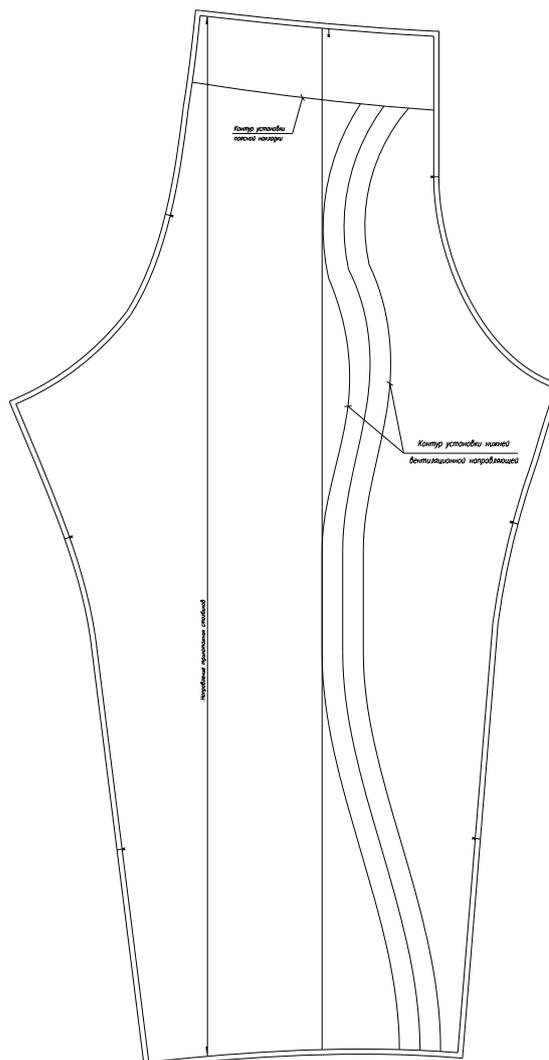
Наименование детали	Чертеж детали
Полочка	 <p>Контур установки вентиляционной направляющей</p> <p>Контур установки вентиляционной направляющей</p> <p>Контур установки ластовки (разметка с аналогичной стороны)</p> <p>Разметка только на 3-22-39/2</p> <p>Контур установки поясного материала</p>
Спинка	 <p>Контур установки накладки стили</p> <p>Контур установки ластовки (разметка с аналогичной стороны)</p> <p>Место установки пет по 22 Разметка только справа</p> <p>Линия стилирования прилегающего стили</p>

Продолжение таблицы Е1

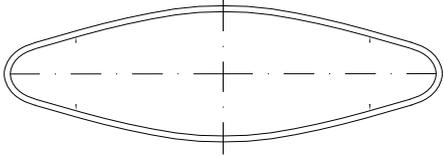
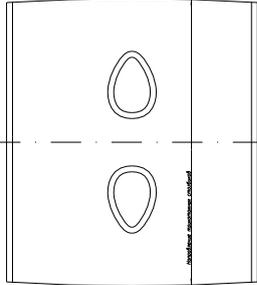
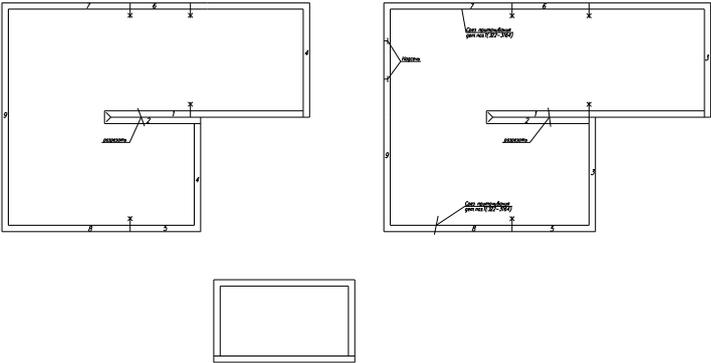
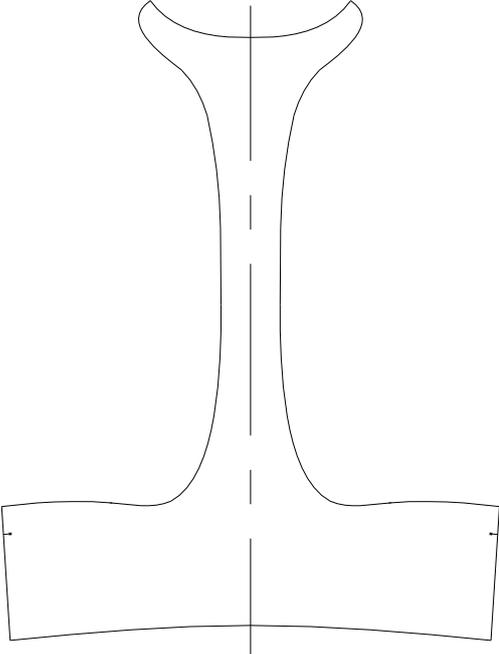
Рукав



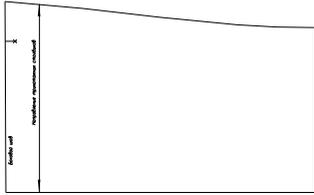
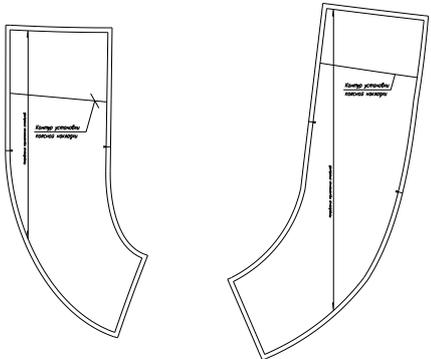
Брючина



Продолжение таблицы Е1

<p>Воротник – 1 деталь</p>	
<p>Манжета руки – 2 детали</p>	
<p>Стремя: внешняя часть, внутренняя часть и задняя часть по 2 детали</p>	
<p>Накладка спины – 1 деталь</p>	

Продолжение таблицы E1

<p>Пояс (продолжение накладки спины) – 2 детали</p>	
<p>Задняя ластовица и передняя ластовица – по 2 детали</p>	
<p>Подмышечная ластовица – 2 детали</p>	
<p>Обтачка отверстия пояса телеметрии – 1 деталь</p>	

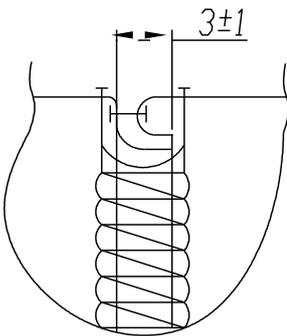
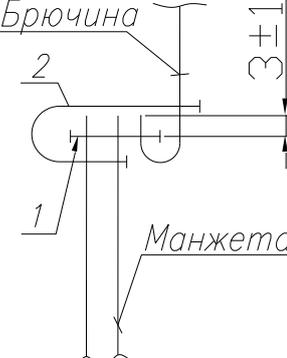
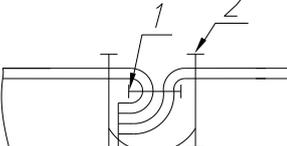
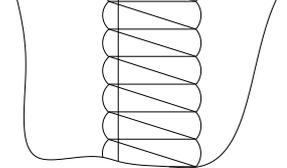
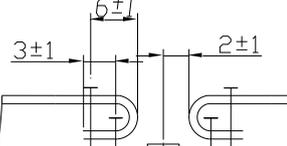
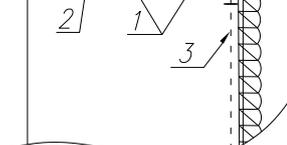
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Технологический паспорт изготовления бельевого комбинезона

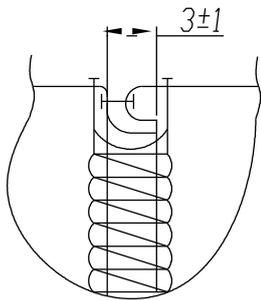
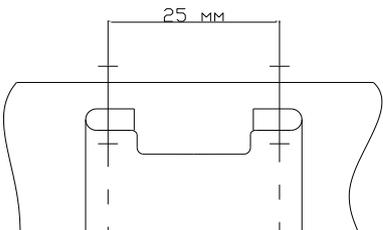
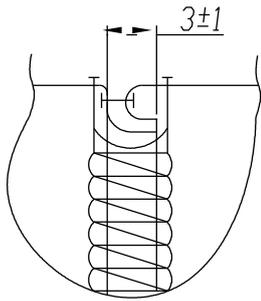
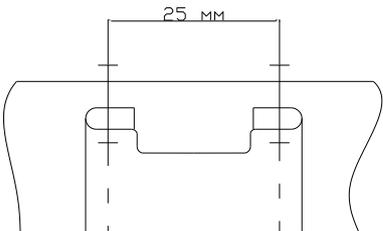
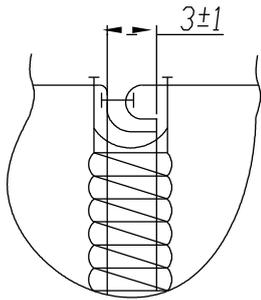
Таблица Ж1 - Технология изготовления бельевого комбинезона

№	Наименование операции	Схема	Оборудование (Примечание)
Заготовка мелких деталей			
1	Обметать срезу обтачки, накладку спины, пояса.		Краеобметочная машинка оверлок
2	Заготовить платку: - сложить пополам, - обметать срезы		Краеобметочная машинка оверлок
3	Заготовка манжеты рукава: - сложить пополам, -обметать отверстие под большой палец		Краеобметочная машинка оверлок
Сборка брюк			
1	Притачать к брючине передние части вставки		Стачивающая машинка челночного или цепного стежка
2	Притачать к брючине задние части вставки		
3	Настрочить на брючину вентиляционные направляющие		Стачивающая машинка челночного или цепного стежка

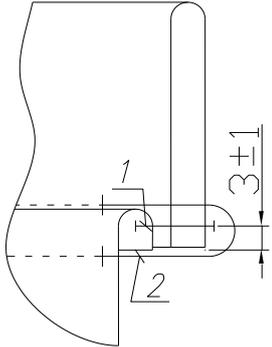
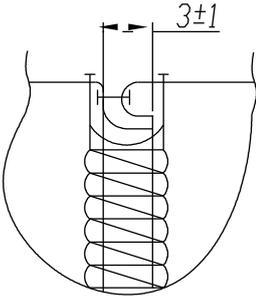
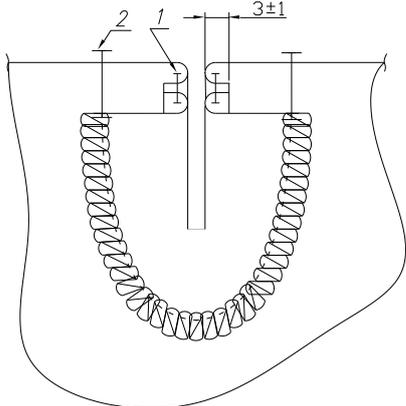
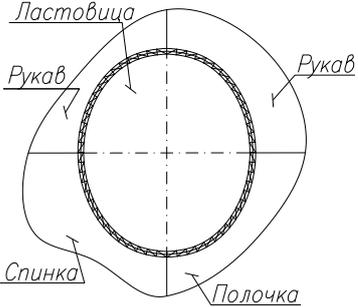
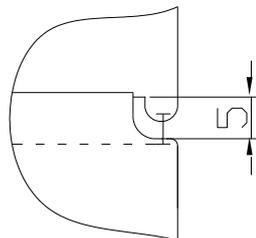
Продолжение таблицы Ж1

4	Стачать шаговые швы		<p>Стачивающая машинка челночного или цепного стежка + плоскошовная стачивающе-обметочная двухигольная трех (или пяти) ниточная машина</p> <p><i>Припуск швов располагается на лицевой поверхности изделия и закреплены пятиниточной строчкой, выполненной с изнаночной стороны.</i></p>
5	Втачать манжеты		<p>1. Стачивающая машинка челночного или цепного стежка</p> <p>2. Плоскошовная стачивающе-обметочная двухигольная трех (или пяти) ниточная машина</p> <p><i>Припуск швов располагается на лицевой поверхности изделия</i></p>
6	Стачать участок заднего шва (выше застежки-молнии)		<p>1. Стачивающая машинка челночного или цепного стежка</p> <p>2. Плоскошовная стачивающе-обметочная двухигольная трех (или пяти) ниточная машина</p>
7	Стачать участок среднего шва (между застежками-молниями)		<p>1. Стачивающая машинка челночного или цепного стежка</p> <p>2. Плоскошовная стачивающе-обметочная двухигольная трех (или пяти) ниточная машина</p> <p><i>Припуск швов располагается на лицевой поверхности изделия</i></p>
8	Втачать нижнюю застежку-молнию		<p>Стачивающая машинка челночного или цепного стежка</p>
9	Настрочить нижнюю планку		

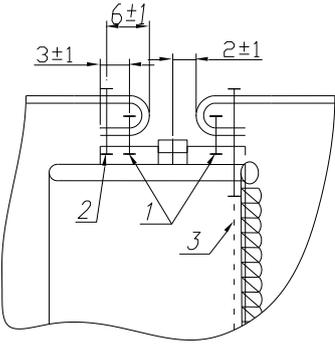
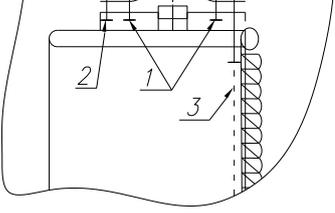
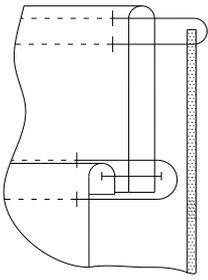
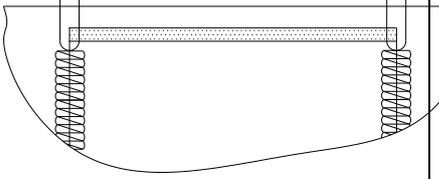
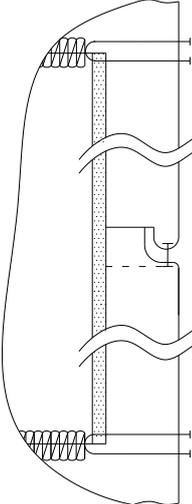
Продолжение таблицы Ж1

Сборка верхней части (стана) комбинезона			
1	Стачать плечевую вытачку на рукаве		Стачивающая машинка челночного или цепного стежка + плоскошовная стачивающе-обметочная двухигольная трех (или пяти) ниточная машина <i>Припуск швов располагается на лицевой поверхности</i>
2	Настрочить на полочку вентиляционные направляющие головы		Стачивающая машинка челночного или цепного стежка
3	Стачать полочку и рукав по окату		Стачивающая машинка челночного или цепного стежка + плоскошовная стачивающе-обметочная двухигольная трех (или пяти) ниточная машина <i>Припуск швов располагается на лицевой поверхности</i>
4	Настрочить вентиляционные направляющие рук		Стачивающая машинка челночного или цепного стежка
5	Стачать спинку и рукав по окату		Стачивающая машинка челночного или цепного стежка + плоскошовная стачивающе-обметочная двухигольная трех (или пяти) ниточная машина <i>Припуск швов располагается на лицевой поверхности</i>

Продолжение таблицы Ж1

6	Притачать воротник		<p>Стачивающая машинка челночного или цепного стежка + плоскошовная стачивающе-обметочная двухигольная трех (или пяти) ниточная машина</p> <p><i>Припуск швов располагается на лицевой поверхности</i></p>
7	Стачать боковой шов полочки/спинки и нижний шов рукава		<p>Стачивающая машинка челночного или цепного стежка + плоскошовная стачивающе-обметочная двухигольная трех (или пяти) ниточная машина</p> <p><i>Припуск швов располагается на лицевой поверхности</i></p>
8	Обтачать отверстие в правом боковом шве обтачкой		<p>Стачивающая машинка челночного или цепного стежка</p>
9	Настрочить ластовицу в область подмышки		<p>Плоскошовная стачивающе-обметочная двухигольная трех (или пяти) ниточная машина</p>
Монтаж изделия			
1	Стачать стан и брюки комбинезона		<p>Стачивающая машинка челночного или цепного стежка</p> <p><i>Припуск швов располагается на лицевой поверхности</i></p>

Продолжение таблицы Ж1

2	Притачать центральную застежку-молнию		Стачивающая машинка челночного или цепного стежка
3	Настрочить планку центральной застежки		
4	Притачать накладку на стан комбинезона по спинке и поясу.	<p data-bbox="754 573 914 611" style="text-align: center;">Воротник</p>  <p data-bbox="770 936 882 974" style="text-align: center;">Спинка</p>  <p data-bbox="786 1193 866 1232" style="text-align: center;">Пояс</p> 	Плоскошовная стачивающе-обметочная двухигльная трех (или пяти)ниточная машина <i>Припуск швов располагается на лицевой поверхности</i>

ПРИЛОЖЕНИЕ 3



