

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Новосибирский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Московский государственный университет дизайна и технологии»
(НТИ (филиал) «МГУДТ»)

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ
ПРЯМОГО ЛИТЬЯ НИЗА НА ОБУВЬ**



Под общей редакцией доктора технических наук,
профессора П.С. Карабанова

Новосибирск
Саратов
2016

УДК 685.34.023.4
ББК 37.255 – 1
Т 33

Рецензенты:

доктор техн. наук, проф., зав. кафедрой «Технология и дизайн швейных изделий» НТИ (филиала) «МГУДТ» **Н.С. Мокеева;**

доктор техн. наук, профессор кафедры «Конструирование, технология и дизайн» ИСОиП (филиала) ДГТУ **В.Т. Прохоров**

Авторы:

П.С. Карabanов (Введение, главы 1,2,4,5,6,7), **Т.А. Дмитриенко** (главы 3,4,6),
А.В. Колесникова (глава 7)

Т33 Теория и практика совершенствования технологии прямого литья низа на обувь: монография / П.С. Карabanов, Т.А. Дмитриенко, А.В. Колесникова; под общей ред. д-ра техн. наук, проф. П.С. Карabanова – Саратов: Изд-во «Академия управления», 2016. – 206 с.

ISBN 978-5-9905719-9-0

В монографии обобщены теоретические положения процессов прямого литья низа на обувь и представлены прикладные разработки, направленные на совершенствование технологии производства обуви литьевого метода крепления низа и повышение качества изделий. Представлены новые способы формования низа на обуви из комбинаций подошвенных материалов.

Монография предназначена для научных работников и технологов, занимающихся производством обуви методом прямого литья, а также для студентов и аспирантов вузов легкой промышленности.

ISBN 978-5-9905719-9-0

УДК 685.34.023.4
ББК 37.255 – 1

© Новосибирский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО
«Московский государственный университет дизайна и технологии»
© Академия управления ООО, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЯМОГО ЛИТЬЯ НИЗА НА ОБУВЬ	9
1.1 Общая характеристика литьевых методов крепления низа обуви.....	9
1.2 Формирование литьевых соединений и факторы их прочности.....	14
1.3 Вероятностный анализ нестабильных факторов прочности литьевых соединений.....	21
1.4 Методические аспекты оценки прочности литьевых соединений.....	25
2 ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ПРЯМОГО ЛИТЬЯ НИЗА НА ОБУВЬ	27
2.1 Литьевые полиуретаны.....	27
2.2 Термопластичные полиуретаны.....	32
2.3 Пластикаты поливинилхлорида.....	34
2.4 Резины	37
2.5 Композиции на основе термоэластопластов.....	39
2.6 Сравнительна характеристика подошвенных композиций и их комбинирование в производстве низа обуви.....	42
3 ФАКТОРЫ ОБРАЗОВАНИЯ ВЫПРЕССОВОК И ПУТИ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ	50
3.1 Проникающая способность расплавов подошвенных композиций...	50
3.2 Математические модели образования выпрессовок.....	59
3.3 Пути предотвращения выпрессовок.....	65
4 ФОРМИРОВАНИЕ АДГЕЗИОННОГО КОНТАКТА И ПРОЧНОСТЬ ЛИТЬЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ	74
4.1 Математическая модель диффундирования полимерных расплавов в структуру материалов верха обуви.....	74
4.2 Параметры адгезионного контакта в литьевых соединениях.....	80
4.3 Факторы прочности литьевых соединений.....	88
4.3.1 Прочность литьевых соединений пористых подошвенных композиций.....	89
4.3.2 Влияние режимов литья на прочность литьевых соединений.....	93
4.3.3 Влияние двукратной намазки клея на материалы верха на прочность литьевого крепления.....	98
5 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ ЛИТЬЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ	102
5.1 Оценка специфической адгезионной связи в литьевых соединениях.	102
5.2 Прогнозирование прочности литьевого соединения.....	110
5.3 Модель прочности литьевого крепления при двукратной намазке клея материалов верха обуви.....	123
6 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОГО ЛИТЬЯ НИЗА НА ОБУВЬ	134
6.1 Подготовка поверхности следа заготовок верха к литьевому	

	креплению.....	134
6.2	Способы повышения прочности литьевого крепления и предотвращения выпрессовок.....	144
6.3	Повышение формоустойчивости обуви строчечно-литьевого метода крепления низа.....	148
6.4	Организация работы литьевых агрегатов при двукратном нанесении клея на материалы верха обуви.....	152
6.5	Повышения прочности литьевого крепления пористых подошвенных композиций	155
6.6	Совершенствование технологии изготовления обуви шнуровой затяжки литьевого метода крепления низа.....	158
7	ПРЯМОЕ ЛИТЬЕ КОМБИНИРОВАННОГО НИЗА НА ОБУВЬ	162
7.1	Формование комбинированного низа из одноименных материалов..	162
7.1.1	Прямое литье комбинированного низа из термопластичных материалов.....	163
7.1.2	Прямое литье комбинированного низа из литьевых полиуретанов...	168
7.1.3	Прямое литье комбинированного низа из резин.....	172
7.2	Формование комбинированного низа из материалов разной химической природы	175
7.2.1	Прямое литье комбинированного низа с ходовым слоем из резин....	175
7.2.2	Прямое литье комбинированного низа с ходовым слоем из термопластичных композиций.....	180
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	185
	ПРИЛОЖЕНИЕ А. Показатели свойств подошвенных материалов	195
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б	204

ВВЕДЕНИЕ

Прямое литье низа на обувь появилось в середине прошлого века, когда французская фирма СЕФОМ создала машину для литья пластифицированного ПВХ на затянутый верх обуви. К концу 60-х годов для прямого литья стали применять литые полиуретаны, а позже и другие подошвенные материалы – резины, термоэластопласты, термопластичные полиуретаны.

Первые литые машины для прямого литья управлялись вручную и с современных позиций представляли довольно примитивные конструкции. Однако за последующие 10-15 лет были созданы эффективные высокопроизводительные литые агрегаты и разработаны основы технологии прямого литья. Столь быстрый прогресс метода был обусловлен не только очевидным преимуществом главной идеи прямого литья, состоящей в объединении в одном процессе изготовления низа и его прикрепление к верху обуви. Стремительному развитию метода во многом способствовало использование теоретических основ и практического опыта литого формования пластмассовых и резинотехнических изделий для различных отраслей промышленности.

Тем не менее, далеко не все достижения теории и практики литого формования штучных изделий из пластмасс оказались приемлемыми для развития технологии и техники прямого литья низа на обувь. Более того, некоторые преимущества литого формования являются сдерживающим фактором при расширении ассортимента обуви литыми методами крепления. Так, высокая производительность литого формования предполагает большие объемы производства изделий. Однако обувь, как элемент костюма, сильно подвержена быстрым сменам моделей и фасонов в соответствии с изменениями модных тенденций. Такая смена неизбежно ведет к замене дорогостоящей литой оснастки, что приводит к низкой рентабельности модных видов обуви литыми методами крепления. Поэтому прямым литьем изготавливают обувь, которая в наименьшей степени подвержена изменениям моды. К этой категории относится обувь для активного отдыха, домашняя и специальная обувь, некоторые виды повседневной обуви повышенной комфортности.

Процессам адгезионного скрепления твердых тел и, в частности, клеевому креплению низа обуви посвящено значительное количество фундаментальных исследований. Многие из этих теоретических положений успешно применены при разработке технологии литого крепления низа обуви. Однако процессы клеевого и литого крепления низа обуви всё-таки существенно отличаются. Так, на формирование адгезионного контакта в литых соединениях большое влияние оказывают проникновение полимерного расплава в рыхлую (или сетчатую) структуру материалов верха обуви. К тому же этот процесс практически не изучен, отсутствуют также сведения о параметрах адгезионного контакта подошвенных композиций с материалами верха обуви различной структуры.

Из анализа сущности прямого литья на обувь следует, что на формирование адгезионного контакта и, следовательно, прочность литьевого крепления оказывают влияние многочисленные факторы, часть из которых трудно поддаются контролю и регулированию. При этом задача регулирования трудноконтролируемых факторов осложняется ввиду отсутствия теоретических представлений о специфике процессов формирования литьевых соединений.

Таким образом, прямое литье, являясь симбиозом техники литьевого формования изделий из пластмасс и технологии обуви, характеризуется специфическими особенностями ее технического и технологического оснащения. Эти особенности прямого литья низа на обувь анализируются в первой главе монографии.

В литературе отсутствуют обобщенные сведения о полимерных композициях для прямого литья низа на обувь. Эти сведения обобщены, систематизированы и представлены во второй главе. Изложенный в главе материал не содержит данные о рецептах подошвенных полимерных композиций (как правило, эти сведения составляют коммерческую тайну изготовителей). Тем не менее, в главе представлены примерные рецепты композиций, дающие представление об их основных ингредиентах. Приведен сопоставительный анализ физико-механических и эксплуатационных свойств полимерных композиций, который, насколько известно авторам, отсутствует в литературных источниках. Этот анализ позволяет обоснованно определить комбинации материалов для обеспечения наилучших эксплуатационных и эстетических характеристик низа обуви.

В литьевых формах для прямого литья отсутствует жесткое замыкание полуматриц на литьевой колодке с надетой на нее заготовкой верха обуви. Поэтому при формовании низа обуви нередко образуются выпрессовки. Основными причинами их появления являются колебание толщины пакета материалов верха, неточности установки полуматриц относительно литьевых колодок и другие факторы, в том числе режимы литьевого формования. В третьей главе монографии рассмотрены факторы появления выпрессовок и представлены результаты экспериментальных исследований, на основе которых разработаны эмпирические зависимости и математические модели образования этого дефекта прямого литья. В главе представлен алгоритм расчета допустимого сжатия пакета материалов верха губками полуматриц и максимально допустимых зазоров в полости формы, исключающие образование выпрессовок при заданных режимах прямого литья.

В четвертой главе монографии рассмотрена математическая модель диффундирования полимерного расплава в структуру материала верха и представлена качественная картина этого процесса, чрезвычайно важная для анализа особенности формирования литьевых соединений. Для выявления специфических факторов формирования адгезионного контакта в литьевых соединениях представлены результаты микроскопических исследований поперечных срезов образцов литьевых соединений. Эти результаты подтверждают факт глубокого проникновения расплавов подошвенных

композиций в структуру материалов верха, предсказываемый математической моделью. Анализ полученных данных показал хорошую корреляцию фактора проникновения расплава в материалы верха и прочности литьевого соединения. В этой же главе представлено влияние самых мощных факторов прямого литья на прочность литьевого крепления – температуры расплава подошвенной композиции и давления формования низа. При этом показано, что выявленные закономерности полностью соответствуют современным представлениям о процессах литьевого формования и теоретическим положениям адгезии полимеров.

В пятой главе монографии представлены математические модели прочности литевых соединений материалов верха и низа обуви различной структуры и химической природы. Математические модели позволяют прогнозировать прочность литевых соединений материалов известной структуры и химической природы, полученных при заданных условиях прямого литья. В этой же части монографии изложены результаты моделирования специфической адгезионной связи в литевых соединениях материалов разной химической природы, которые дополняют теоретические положения о прочности литьевого крепления.

Обобщение и анализ проблем и узких мест прямого литья, теоретических положений о формировании литевых соединений, позволили авторам разработать и довести до практического применения ряд технических решений, повышающих эффективность прямого литья низа на обувь. В шестой главе монографии изложены запатентованные авторами способы и технологические приемы, позволяющие:

- повысить прочность литьевого крепления низа обуви с одновременным предотвращением выпрессовок;
- повысить формоустойчивость строчечно-литевой обуви;
- обеспечить высокую прочность литьевого крепления низа обуви к «проблемным» материалам верха обуви за счет двукратной намазки клеем их поверхности;
- повысить прочность литьевого крепления пористых подошвенных композиций;
- усовершенствовать технологию изготовления обуви шнуровой затяжки литьевого крепления низа.

Прямое литье низа на обувь, состоящего из слоёв подошвенной композиции разной плотности и цвета, освоено еще в конце 60-ых годов прошлого века. За последующие годы разработаны методы и технологические приёмы прямого литья комбинированного низа более сложных конструкций, в том числе состоящих из материалов разной химической природы. В седьмой главе монографии рассмотрены особенности технологии прямого литья комбинированного низа на обувь и принцип действия соответствующего оборудования. Показано, что формование комбинированного низа на обуви может осуществляться в интегрированном процессе (формование происходит на одном специализированном литевом агрегате, имеющем два и более

инжектора) или в неинтегрированном процессе (формование составных частей низа осуществляется на универсальных агрегатах, а литьевое скрепление частей подошвы и ее крепление к верху обуви – на другом универсальном агрегате).

Авторы надеются, что изложенные в монографии их теоретические разработки частично восполнят пробелы в основах теории прямого литья низа на обувь, а прикладные рекомендации и технические решения будут полезны при совершенствовании технологии литьевого формования.

1 СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЯМОГО ЛИТЬЯ НИЗА НА ОБУВЬ

Прямое литье низа на обувь представляет собой специфическую разновидность литьевого формования изделий и процессов переработки полимеров. Появившись в 50-ых годах 20-го века, метод интенсивно развивался и приобрел характерные особенности, не имеющие аналогов в других областях переработки полимерных материалов. В настоящее время прямое литье располагает развитой технической базой и широким ассортиментом подошвенных композиций. Однако возможности литьевых методов крепления низа используется неполностью из-за специфических проблем производства обуви.

1.1 Общая характеристика литьевых методов крепления низа на обувь

Литьевые методы крепления низа к обуви наряду с известными преимуществами (высокая производительность, сокращение количества операций) имеет ряд принципиальных недостатков. В настоящее время очевидна ошибочность первоначальных прогнозов на счет того, что литье низа на обувь в некоторой степени потеснит клеевой метод крепления низа. Основными причинами этого являются:

- большие первоначальные затраты на оборудование и оснастку, требующие крупносерийного выпуска и реализации изделий, что в условиях обувного производства снижает его мобильность и способность следовать тенденциям моды;

- невысокая эффективность традиционного литьевого метода крепления низа обуви обтяжно-затяжного способа формования заготовок верха;

- трудность выполнения операций взъерошивания следа заготовок верха обуви параллельных внутреннего и внешнего способов формования на литьевых колодках, что ограничивает ассортимент материалов верха или усложняет технологический процесс;

- невысокая формоустойчивость обуви строчечно-литьевого метода крепления низа и литьевого метода шнуровой затяжки верха, что ограничивает их применимость при производстве многих видов обуви;

- более низкая по сравнению с клеевым методом прочность литьевого крепления большинства материалов верха к подошвенным композициям.

Хотя в последнее время появились сравнительно недорогие литьевые агрегаты, применимые и для мелкосерийного производства, разработаны экспресс-методы изготовления оснастки [1], литьевое оборудование все-таки остается капиталоемким. Это ориентирует прямое литье на производство обуви стабильного ассортимента [2, 3]. К этому следует добавить, что из-за упомянутой малой эффективности литьевого крепления низа обуви обтяжно-затяжного способа формования верха, прямое литье развивается в направлении

применения параллельных внутреннего и внешнего способов формования верха на литевых колодках. Поэтому преобладающими видами является обувь, к которой не предъявляют высоких требований к ее формоустойчивости и которая в наименьшей степени подвержена модным новациям. К такой обуви относится прогулочная, для активного отдыха, туристская, спортивная, а также специальная.

Следовательно, литевые методы крепления низа заняли свою нишу в обувном производстве и, по существу, не конкурирует с клеевым креплением.

Существенным недостатком прямого литья при формовании верха на литевых колодках является невысокая формоустойчивость обуви из-за малой и неравномерной деформации материала заготовок верха. При этом распространено мнение, что низкая формоустойчивость – неизбежная дань высокопроизводительным способам параллельной затяжки верха непосредственно на литевых колодках.

Вопросы повышения формоустойчивости обуви при затяжке верха на литевых колодках рассмотрены в работе [4], известны также остроумные способы увеличения деформации материала верха перед приливанием низа [5]. Однако эти технологические приемы применимы к отдельным конструкциям обуви и поэтому являются локальными решениями.

Следует отметить, что при производстве обуви параллельных внешнего и внутреннего способов формования заготовок верха весьма затруднено применение материалов верха, требующих взъерошивания. Это обусловлено не только ограниченными временными рамками на выполнение операции непосредственно на литевых колодках из-за быстрого темпа работы агрегатов. Выполнение взъерошивания усложняется необходимостью точного соблюдения поля обработки, которое лимитируется с одной стороны внешней линией контакта с низом обуви, а с другой – ниточным швом, соединяющим верх с втачной стелькой или обметывающим затяжным шнуром. Эти требования трудно выполнимы даже при взъерошивании роботизированными комплексами, поскольку пространственное положение поля обработки, как правило, нестабильно вследствие неточностей сборки заготовок верха и их установки на литевых колодках. Поэтому при роботизированном взъерошивании поле обработки сужают, что негативно сказывается на прочности литевого крепления низа обуви. В этой связи в практике литья низа на обувь применяют, в основном, материалы верха, не требующие взъерошивания, что, однако, ограничивает ассортимент обуви.

Серьезной проблемой, осложняющей технологический процесс прямого литья низа на обувь, является образование выпрессовок, что снижает эффективность метода, а в отдельных случаях приводит к неисправимому браку. Появление выпрессовок обусловлено колебаниями толщины пакета материалов заготовок верха, наличием швов и утолщений в плоскости смыкания полуматриц, неточностями установки литевой колодки относительно полуматриц [6]. Причины образования выпрессовок, в принципе,

устранимы, однако в реальных условиях соблюдения необходимые для этого требования не удаётся.

Несмотря на то, что для предотвращения выпрессовок разработаны разнообразные устройства и способы [7-12], полностью эта проблема до сих пор не решена. В практике прямого литья для уменьшения риска образования выпрессовок часто снижают температуру расплава, хотя при этом уменьшается прочность литьевого крепления низа обуви. Очевидно, что предотвращение выпрессовок за счет этого важного показателя прочности обуви недопустимо, поэтому требуется разработка новых эффективных способов решения проблемы.

При прямом литье низа на обувь во многих случаях получают более низкую по сравнению с клеевым методом прочность литьевого крепления с большинством материалов верха. Несмотря на важность проблемы литьевого крепления, ее систематизированный анализ отсутствует. При этом остается неизученным механизм формирования адгезионной связи, факторы, определяющие прочность литевых соединений систем материалов, различающихся по химической природе и поверхностной структуре. Это осложняет оценку возможности применения тех или иных материалов верха и низа обуви для производства обуви литевых методов крепления.

Для повышения прочности литевых соединений разработаны различные способы. Так, предложено выполнять отверстия по периметру стельки и отогнутой наружу [13] или внутрь [14] затяжной кромки для затекания в них подошвенной композиции, использовать дополнительные элементы, предварительно прикрепленные к верху обуви: упругие вкладыши [15], L-образный рант [16], профилированные полоски [17]. Известны также и другие оригинальные способы повышения прочности литьевого крепления, однако все они приемлемы для определенных конструкций обуви или требуют применения специальных материалов и не решают проблему в целом. Разнообразие технических решений, прежде всего, свидетельствует об отсутствии научных основ обеспечения прочности литевых соединений, что ограничивает применение литевых методов в производстве обуви.

Несмотря на значительный объем производства обуви литевых методов крепления, проблеме прочности литевых соединений посвящено небольшое количество работ. При этом наиболее полно изучены рецептурные факторы [18]. Известные исследования прочности литьевого крепления имеют сугубо прикладной характер с целью отработки приемлемых режимов литья [19-21] или рассматривают литевые соединения определенных систем материалов [22].

Из экспериментальных данных этих работ следует, что определяющими факторами прочности литьевого крепления при одинаковой химической природе скрепляемых материалов являются температура расплава и давление литья. При этом показано, что температура литья – наиболее мощный фактор повышения прочности литевых соединений, однако при ее увеличении чаще образуются выпрессовки. Исследования показали, что на прочность литьевого

скрепления сильно влияет и поверхностная структура материалов верха. Так, рельефная грубая текстура тканей типа вельвет-корд обеспечивает высокую прочность скрепления и без применения клея [19].

Рассмотренные факторы прочности литьевого крепления определяют механическое сцепление скрепляемых материалов (механическую адгезию) за счет внедрения подошвенного полимера в рыхлую структуру материала верха. Эта особенность литевых соединений изучена в работе [23].

Однако осталось неясным, насколько температура расплава, давление формования и поверхностная структура материалов верха определяют механическую адгезионную связь в литевых соединениях. Не определен также критерий поверхностной структуры материалов верха, который характеризовал бы возможность внедрения в них расплава полимера. При этом не установлены общие закономерности влияния указанных факторов и их вклад в прочность литевых соединений.

Подчеркнем еще раз характерную особенность литевых соединений, которая состоит в образовании механической связи между соединяемыми материалами за счет внедрения расплава полимера в волокнистые материалы верха. Очевидно, что степень внедрения подошвенной композиции определяется ее вязкостью, режимами прямого литья и разреженностью структуры материалов верха. Форма и размеры элементов механической связи, называемых разными авторами тяжами, зацепами, муфтами, стержнями, изучены с помощью микрофотографий поперечных срезов соединений [23]. Однако до настоящего времени отсутствуют не только количественные, но и качественные закономерности формирования элементов механической связи, что осложняет анализ факторов прочности литевых соединений.

Из практики прямого литья и литературных данных [18] известно, что прочность литьевого крепления пористых подошвенных композиций к верху обуви значительно ниже, чем монолитных. Причины этого негативного обстоятельства до сих пор не установлены, хотя формование пористого низа обуви не только обеспечивает экономию подошвенных композиций, но и повышает комфортность обуви.

Известные данные о прочности литевых соединений характеризуют, хотя и в неполном объеме, прочность подошвенных композиций с хлопчатобумажными и льняными тканями, а также с натуральными и некоторыми искусственными кожами. Принципиально метод прямого литья применим и применяется для изготовления обуви из материалов разной химической природы. Препятствием этому является отсутствие методов прогнозирования прочности их литьевого крепления.

При анализе адгезии к материалам разной химической природы исключают влияние механического фактора, рассматривая модельные системы, в которых вместо реальных материалов применяются пленки и волокна соответствующих полимеров [24]. При анализе клеевого крепления к материалам разной химической природы такое моделирование проведено и получены данные об адгезионной способности материалов [25-26]. Эти данные

характеризуют адгезионное взаимодействие материалов разной химической природы и их способность образовывать клеевые соединения. Однако эти результаты не могут быть полностью перенесены для трактовки адгезионной связи при литьевом креплении, поскольку условия формирования литьевых и клеевых соединений во многом различаются.

Как известно, при определении прочности адгезионных соединений получают значительный разброс результатов оценки, что объясняется отклонениями технологического процесса скрепления от оптимальных параметров и неоднородностью соединяемых материалов [29]. Однако для литьевых соединений этот разброс более значителен, чем для клеевого крепления тех же материалов. Это объяснимо с позиций процесса литьевого формования, некоторые из многочисленных параметров которого трудно поддаются контролю, а другие относятся к флуктуационным, обусловленным применяемым оборудованием, средствами контроля режимов и особенностями литьевой оснастки.

Для объективной оценки исследуемых показателей прочности литьевых соединений следует определить методологические вопросы их анализа. Это необходимо для отсева возмущаемого влияния неконтролируемых (флуктуационных) параметров процесса литьевого формования. Заметим, что в исследовательской практике известны примеры получения неоднозначных и даже противоречивых результатов из-за влияния неконтролируемых факторов технологического процесса.

Таким образом, следует констатировать, что прямое литье развивалось на основе теории процессов литьевого формования полимеров и теоретической базе обеспечения прочности клеевых соединений, что позволило создать высокопроизводительное производство обуви литьевых методов крепления низа. Вместе с тем, очевидно, что обеспечение прочности литьевых соединений обувных материалов базируется, в основном, на эмпирических подходах и экспериментальных методах.

В отсутствии теоретической основы обеспечения прочности литьевого крепления разработан ряд разнотипных технических решений и оригинальных способов повышения прочности литьевых соединений, имеющих ограниченную применимость. Различные подходы к обеспечению прочности литьевого крепления низа как раз и обусловлены отсутствием теоретических основ проблемы и, следовательно, стратегических направлений ее решения.

Для дальнейшего совершенствования прямого литья низа на обувь требуется разработка научных основ процесса формирования литьевых соединений, теоретической базы обеспечения прочности литьевого крепления и определения на этом фундаменте приоритетных направлений совершенствования технологий прямого литья низа обуви.

1.2 Формирование литевых соединений и факторы их прочности

Формирование адгезионного контакта при литевом креплении низа осуществляется в течение кратковременного цикла литья в условиях нестационарного процесса теплообмена расплава с материалами верха, литевой формой и колодкой при неравномерном распределении давления формования. При этом не изучено взаимодействие охлаждающегося расплава с клеевым слоем на поверхности материалов верха различной химической природы и поверхностной структуры, отсутствуют данные о деформации клеевой пленки при заполнении формы, не исследовано явление проникновения расплава в структуру материалов верха, не систематизированы исследования влияния режимов прямого литья на прочность литевого крепления.

Рассмотрим особенности формирования литевых соединений при производстве обуви внутреннего и внешнего параллельных способов формования заготовок верха на литевых колодках. Эти технологии литевого крепления низа наиболее эффективны, а с позиций возможностей развития более перспективны, чем традиционный литевой метод с обтяжно-затяжным способом формования заготовок верха.

Уместно заметить, что вопросам прочности клеевого крепления изделий из кожи посвящено значительное количество фундаментальных работ [24, 30, 31-33]. При этом проблеме обеспечения прочности литевых соединений уделено значительно меньше внимания. Такое положение дел отчасти объясняется тем, что процессы образования адгезионной связи в клеевых и литевых соединениях имеют много общего.

Эта общность, в первую очередь, заключается в том, что при рассматриваемых методах крепления на затяжную кромку заготовок верха наносится клеевой слой. И хотя для некоторых рыхлых текстильных материалов верха применение клея необязательно, это является скорее исключением, чем правилом при организации технологического процесса прямого литья.

Другое сходство технологий клеевого и литевого крепления состоит в обработке затяжной кромки заготовок верха из материалов, имеющих поверхностные покрытия. Однако последующие операции и происходящие при этом процессы формирования адгезионной связи различаются.

Так, концентрация клея, методы его нанесения на материалы верха, режимы сушки и термоактивации клеевого слоя при клеевом и литевом креплениях низа существенно различны. Кроме того, при литевом креплении поверхность материалов низа не может обрабатываться и промазываться клеем. Дальнейшие операции литевого и клеевого крепления низа кардинально отличаются: при прямом литье осуществляется формирование низа на обуви при давлении 5-40 МПа (в зависимости от вязкости подошвенной композиции и применяемого оборудования) с последующей выдержкой в литевой форме без внешнего давления. При этом длительность формования и выдержки без давления определяют, в первую очередь из условия предотвращения усадочных

вмятин на изделиях и достаточной фиксации их формы для извлечения из литейной формы.

Отметим, что условия контакта приливаемого низа с материалом заготовки верха существенно отличается от прессования при клеевом креплении. Во-первых, клеевая пленка может деформироваться и даже сместиться потоком расплава при заполнении литейной формы. Во-вторых, при выдержке низа в литейной форме давление формования существенно снижается из-за усадки материала низа. Усадка подошвенной композиции приводит не только к ослаблению давления в зоне контакта соединяемых материалов, но и к образованию дополнительных внутренних напряжений в литейном соединении.

Рассмотренные особенности процесса формирования адгезионной связи литейных соединений поясняются схемой на рисунке 1.1 [34].

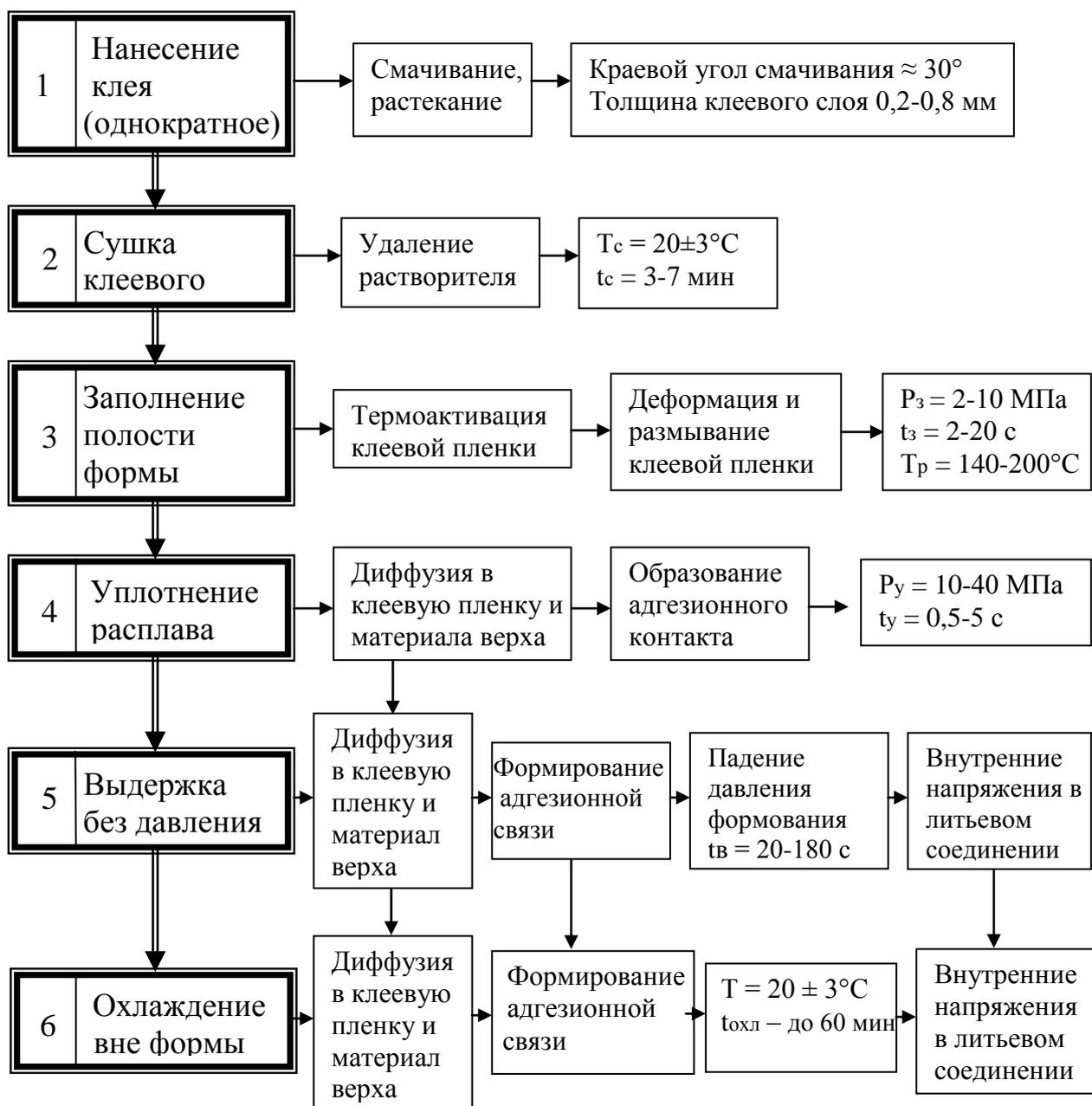


Рисунок 1.1 – Этапы и условия формирования литейных соединений

Из рисунка следует, что этапы 1-2 имеют сходство с клеевым методом, однако остальные фазы процесса существенно отличаются и требуют пристального изучения.

К рассмотренным выше различиям процессов клеевого и литьевого креплений добавим, что при прямом литье низа на обувь операция термоактивации клеевой пленки не производится. Однако размягчение клеевого слоя все-таки происходит вследствие ее контакта с горячим расплавом при заполнении формы, но параметры такой термоактивации не регулируются.

Таким образом, условия формирования адгезионного контакта в литневых и клеевых соединениях существенно различаются. Поэтому специфичны и факторы, определяющие прочность литьевого крепления.

На основе анализа рассмотренных особенностей формирования литневых соединений и сущности процесса прямого литья, нами определены и систематизированы факторы прочности литьевого скрепления обувных материалов. Эти факторы представлены на рисунке 1.2.

Проведем краткий анализ факторов прочности литневых соединений обувных материалов. Очевидно, что прочность литьевого крепления зависит, прежде всего, от химической природы скрепляемых материалов, определяющей специфическую адгезию между ними [35]. Наибольшей адгезионной способностью практически ко всем обувным материалам верха обладают полиуретановые композиции. Поэтому при прямом литье полиуретанового низа обуви проблемы с обеспечением прочности крепления не возникают. Подошвенные ПВХ-пластикаты, являясь полярными полимерами, обеспечивают достаточно высокую прочность литьевого крепления ко многим материалам верха обуви. Однако прочность их крепления к тканям из искусственных и синтетических волокон неудовлетворительна, и это связано не столько с природой пластикатов, сколько с химической природой этих тканей, имеющих низкую адгезионную способность даже к полиуретановым клеям [36]. Для повышения адгезионной способности ПВХ-пластикатов их модифицируют различными липкостью придающими ингредиентами.

Наиболее низкую прочность литневых соединений дают инертные термоэластопласты и резиновые смеси на основе неполярных каучуков. Эти композиции в наибольшей степени требуют модификации для повышения их способности образовывать прочные литневые соединения, например, путем введения низкомолекулярных фракций основного полимера и других ингредиентов.

Таким образом, рецептурные методы модификации подошвенных композиций являются одним из эффективных приемов повышения прочности литьевого крепления низа обуви. Рецептурными приемами понижают также вязкость подошвенных композиций, что облегчает процесс литьевого формования и способствует повышению механической составляющей адгезионной связи при формировании литневых соединений [18, 37, 38].

Известно, что на прочность литневых соединений существенное влияние оказывает степень пористости подошвенных композиций. Механизм этого



Рисунок 1.2 – Факторы прочности литевых соединений обувных материалов

влияния до настоящего времени не выяснен. Заметим, что пониженная прочность литьевого крепления пористого низа ограничивает ассортимент материалов верха обуви [18], поэтому требуется тщательный анализ этой проблемы.

Основываясь на известных данных о механизме формирования литевых соединений можно утверждать, что на прочность литьевого крепления значительно влияют режимы прямого литья. При этом очевидно, что наиболее мощными факторами прочности литевых соединений являются температура литья и давление формования. Эти параметры легко регулируются, контролируются и могут служить эффективным средством оптимизации прочности литьевого крепления низа обуви. Очевидно, для различных систем материалов верха и низа обуви, оптимальные режимы прямого литья различны. Для некоторых систем материалов эти режимы определены экспериментально, а общие закономерности влияния режимов литья на прочность литевых соединений установлены авторами монографии и изложены в подразделе 4.3.

Что касается температуры литевых форм, то этот параметр вряд ли оказывает значительное влияние на прочность литьевого крепления из-за низкой теплопроводности материалов верха. Это влияние может проявляться в степени охлаждения расплава композиции при формовании низа обуви, однако из-за кратковременности процесса этот фактор не является существенным.

С точки зрения формирования литевых соединений режимы выдержки без давления могут оказывать влияние на степень проникновения подошвенной композиции в структуру материалов верха и, следовательно, на механическую адгезию. Однако эти параметры непосредственно связаны с давлением литья и установить их влияние на прочность литьевого крепления довольно проблематично. Указанные параметры важны в первую очередь для предотвращения усадочных дефектов низа обуви.

Как отмечено выше, для повышения прочности литьевого крепления на приливаемую поверхность заготовок верха обуви наносят клей. Для обуви, заготовки верха которой формуются на литевых колодках, применяют чаще всего полиуретановый клей пониженной концентрации при длительности сушки клеевого слоя, регламентированной темпом работы литевых агрегатов. Обычно время сушки составляет 3-7 мин. В практике прямого литья отработаны рецептура клеев, способы его нанесения, условия сушки клеевой пленки, и в настоящей монографии эти факторы не рассматриваются.

Различными исследователями установлено [22, 39], что прочность литьевого крепления подошвенных композиций к натуральным кожам без лицевого покрытия или с удаленным лицевым слоем, достаточно высокая. При этом прочность скрепления заметно зависит от характера обработки поверхности кож, их пористости и плотности, а также от режимов прямого литья.

Из практики известно, что не все обувные ткани обеспечивают удовлетворительную прочность литьевого крепления. Очевидно, что проблема заключается не только в химической природе тканей, но и в их поверхностной

структуре, которая определяет механическую составляющую адгезионной связи в литевых соединениях [40].

Следовательно, определяя пригодность обувных тканей к образованию прочных литевых соединений, необходимо помимо химической природы тканей, оценивать влияние их поверхностной структуры. С позиций увеличения истинной площади поверхности соединяемых материалов и повышения за счет этого механической адгезии поверхностная структура тканей характеризуется видом переплетения нитей, поверхностным заполнением, фазами строения, опорной поверхностью.

Отметим, что влияние параметров поверхностной структуры тканей на прочность литевых соединений не изучено, и этот фактор является предметом исследования авторов монографии.

Таким образом, систематизированы факторы прочности литевых соединений обувных материалов. В настоящей монографии не рассматриваются рецептурные факторы, представляющие отдельную проблему. За рамки наших рассматриваемых вопросов выходят также вопросы модификации клеевых композиций и технологии нанесения клея на приливаемые поверхности верха обуви; к тому же этой проблеме посвящены фундаментальные исследования в области клеевого крепления низа обуви.

Рассматривая материалы литевых соединений с позиций обеспечения прочности их скрепления, нельзя не отметить, что расширение их ассортимента является одним из путей повышения эффективности прямого литья. В настоящее время четко не определена целесообразность применения тех или иных систем материалов для производства обуви методом прямого литья. Для получения всеобъемлющих данных о прочности литевого крепления необходимо знать ассортимент материалов верха и низа, особенности их химической природы, структурных характеристик и состояния поверхности материалов верха.

Авторами систематизированы материалы верха и низа, которые широко применяются при производстве обуви методом прямого литья или могут использоваться для расширения ее ассортимента (рисунок 1.3). Отметим, что представленная схема иллюстрирует все возможные комбинации материалов верха и низа. Кроме того, на схеме показано соединение материалов посредством клеевого слоя, а также путем прямого проникновения подошвенной композиции в структуру материала верха. На схеме показано также, что низ обуви может формироваться из комбинации двух и более материалов.

Из схемы 1.3 очевидно, что системы материалов литевых соединений существенно различаются по химической природе, структуре и, следовательно, адгезионной способности. Поэтому для разработки научно обоснованного метода прогнозирования прочности литевого крепления эти особенности должны быть учтены.

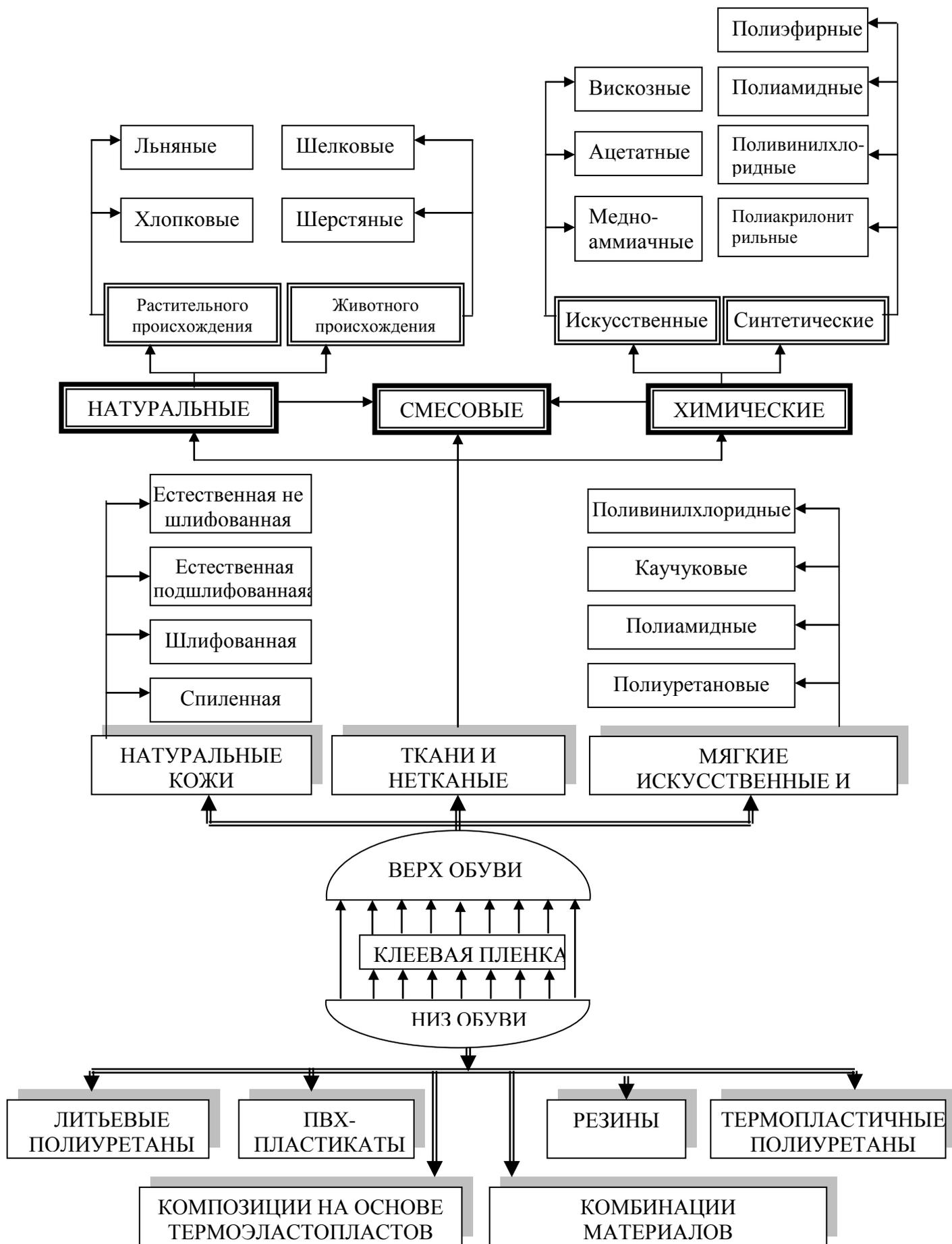


Рисунок 1.3 – Материалы литевых соединений

Таким образом, установлены следующие основные факторы прочности литевых соединений обувных материалов:

- химическая природа материалов литевых соединений;
- композиционный состав подошвенных полимеров;
- состояние поверхности материалов верха;
- способы и режимы нанесения клеевого слоя;
- режимы прямого литья.

Параметры этих факторов могут оцениваться или регулироваться. Однако они все-таки подвержены флуктуационным отклонениям, обусловленным технологией изготовления материалов литевых соединений, техническими возможностями применяемого оборудования, точностью контроля режимов прямого литья. К флуктуационным отклонениям следует отнести следующие:

- флуктуацию композиционного состава подошвенных материалов и степень гомогенизации компонентов;
- неоднородность химической природы и поверхностной структуры материалов верха;
- нестабильность свойств клеевых композиций, параметров и режимов нанесения клеевого слоя;
- флуктуацию режимов прямого литья.

Нестабильность перечисленных факторов обуславливает значительный разброс результатов оценки прочности литевых соединений, что затрудняет их интерпретацию при анализе стабильных факторов. Во избежание получения ошибочных выводов следует рассмотреть закономерности влияния нестабильных факторов на показатели прочности литевых соединений.

1.3. Вероятный анализ нестабильных факторов прочности литевых соединений

Основным критерием теоретических концепций и экспериментальных исследований адгезионных систем являются их прочностные свойства. Это предусматривает разрушающие методы испытания адгезионных соединений, которые подробно рассмотрены в работах [24, 29-32, 41-44]. Общей закономерностью этих методов является значительный разброс получаемых результатов, что обусловлено наличием различного рода дефектов адгезионной связи. Очевидно, что эти дефекты вызваны вышерассмотренными нестабильными факторами формирования литевых соединений, а их наличие и проявление носит вероятностный характер.

Рассмотрим закономерности появления и проявления дефектов адгезионной связи, обусловленных нестабильными параметрами ее формирования.

При качественном анализе прочности адгезионных соединений всегда можно выделить идеализированную зону прочной адгезионной связи, зоны ослабленной и очень слабой связи. Поэтому события, связанные с проявлением дефектов в зоне ослабленной связи следует считать случайными. Очевидно, что

вероятность проявления дефектов в зоне очень слабой адгезионной связи равна единице, а в идеализированных зонах прочной связи – нулю [45].

Проведем анализ вероятности проявления дефектов адгезионной связи при испытании или эксплуатации соединений. Будем считать, что все дефекты распределены равномерно по площади контакта соединяемых материалов. Суммарное количество дефектов в зонах ослабленной и очень слабой связи будет оцениваться случайной величиной y . Эта величина представляет собой общее число дефектов, приходящихся на единицу площади адгезионного контакта, т.е. $y \in [0, n]$, где n – максимальное среднее число дефектов.

Для анализа введем фиксированные параметры μ и ν , определяющие соответственно среднее количество всех дефектов и число не проявившихся дефектов, отнесенные к единице площади адгезионного контакта. Иными словами, можно считать параметры μ и ν интенсивностями потоков событий. Сущность параметров μ и ν наглядно иллюстрируется адгезиограммами расслаивания скрепленных материалов при предельных значениях этих параметров (рисунок 1.4).

Из рисунка 1.4 а следует, что событие проявления дефектов одновременно в зонах 1 и 2 достоверно, а только в зонах 1 или 2 или 3 невозможно, т.е. $P(y=0)=0$, $P(y=1)=0$, $P(y=2)=0$. Из рисунка 1.4 б очевидно, что, поскольку события проявления дефектов находятся в зоне ослабленной адгезионной связи одинаковой значимости, то $P(y_i)=1/(n+1)$, $y_i \in [0, n]$.

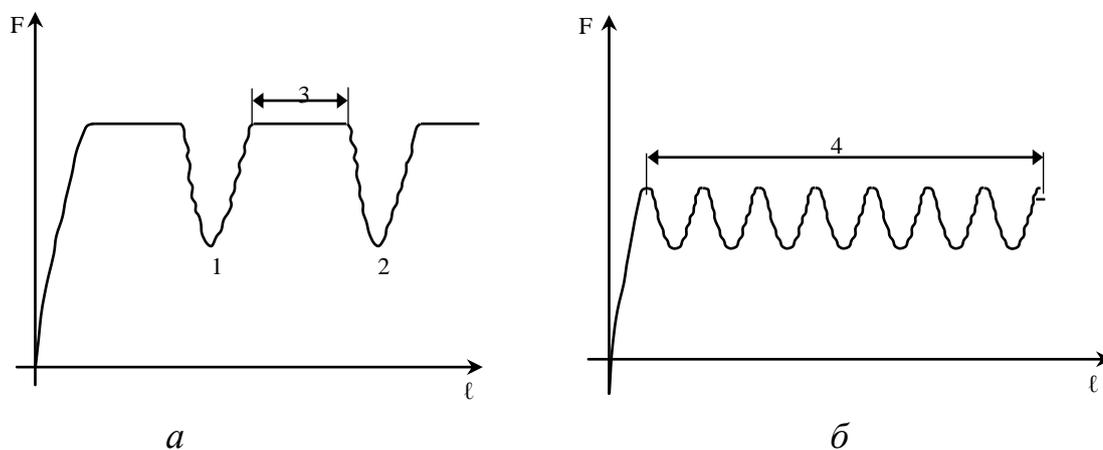


Рисунок 1.4 – Адгезиограммы расслаивания адгезионных соединений при $\mu=1$, $\nu \approx 0$ (а) и $\mu=1$, $\nu \approx \mu$ (б):

1 и 2 – зоны очень слабой адгезионной связи; 3 – идеализированная зона прочной связи; 4 – зона ослабленной связи.

Для определения предельных вероятностей дискретных состояний адгезионной связи, определяемых наличием дефектов, воспользуемся математической моделью марковского случайного процесса [46]. В соответствии с этой моделью граф состояний адгезионного соединения представлен на рисунке 1.5.

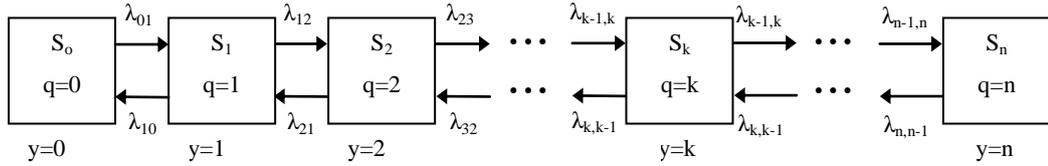


Рисунок 1.5 – Граф состояний адгезионной связи:
 $\lambda_{01}, \lambda_{12}, \dots, \lambda_{n-1,n}$ и $\lambda_{10}, \lambda_{21}, \dots, \lambda_{n,n-1}$ – параметры, определяющие число проявившихся и не проявившихся дефектов соответственно, q – количество дефектов, $q \in [0, n]$.

Рассмотрим множество состояний $S_0, S_1, S_2, \dots, S_n$. Полагаем, что переходы в графе могут осуществляться только в состояния с соседними номерами, т.е. переход из S_k возможен либо в S_{k-1} , либо в S_{k+1} . При этом потоки событий по стрелкам графа стационарны (не зависят от времени), ординарны (вероятность попадания на малый участок площади ΔX двух и более событий пренебрежимо мала), независимы (число попадания дефектов на участок ΔX_1 не зависит от числа попадания дефектов на ΔX_2). Считаем также, что указанные потоки сопровождаются соответствующими интенсивностями.

Тогда уравнение для состояния, соответствующего $q=0$ (дефектов нет), примет вид

$$\lambda_{01}P_0 = \lambda_{10}P_1, \quad (1.1)$$

где P_0 и P_1 – вероятности нахождения системы в состояниях S_0 и S_1 соответственно.

Уравнение для состояния S_1 при $q=1$ (один дефект) запишется так:

$$(\lambda_{12} + \lambda_{10})P_1 = \lambda_{01}P_0 + \lambda_{21}P_2,$$

а с учетом выражения (1.1) приводится к виду

$$\lambda_{12}P_1 = \lambda_{21}P_2.$$

Записав аналогичным образом уравнения предельных вероятностей для других состояний, получим следующую систему уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_{01}P_0 = \lambda_{10}P_1 ; \\ \lambda_{12}P_1 = \lambda_{21}P_2 ; \\ \dots\dots\dots \\ \lambda_{k-1, k}P_{k-1} = \lambda_{k, k+1}P_k ; \\ \dots\dots\dots \\ \lambda_{n-1, n}P_{n-1} = \lambda_{n, n+1}P_n . \end{array} \right. \quad (1.2)$$

Очевидно, что к полученной системе уравнений (1.2) следует добавить нормировочное условие

$$\sum_{i=0}^n P_i = 1, \quad (1.3)$$

где P_i – вероятности состояний.

Решив систему уравнений (1.2) с условием (1.3), будем иметь

$$P_0 = \left(1 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{10}} + \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\lambda_{21}\lambda_{10}} + \dots + \frac{\lambda_{n-1,n}\dots\lambda_{12}\lambda_{01}}{\lambda_{n,n-1}\dots\lambda_{21}\lambda_{10}} \right)^{-1}; \quad (1.4)$$

$$P_1 = \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{10}} P_0; P_2 = \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\lambda_{21}\lambda_{10}} P_0; \dots; P_n = \frac{\lambda_{n-1,n}\dots\lambda_{12}\lambda_{01}}{\lambda_{n,n-1}\dots\lambda_{21}\lambda_{10}} P_0. \quad (1.5)$$

Легко заметить, что в выражениях (1.5) коэффициенты при P_0 – это слагаемые, стоящие после единицы в формуле (1.4). Числители этих коэффициентов представляет собой произведение всех интенсивностей проявившихся дефектов, а знаменатели – произведения интенсивностей, не проявившихся дефектов. Исходя из допущения о равномерном распределении дефектов по площади адгезионного контакта, следует, что:

$$\lambda_{k, k+1} = \mu, \text{ а } \lambda_{k+1, k} = \nu, \quad k \in [0, n].$$

Тогда формулы (1.4) и (1.5) примут вид

$$P_0 = \left(1 + \frac{\mu}{\nu} + \frac{\mu^2}{\nu^2} + \dots + \frac{\mu^n}{\nu^n} \right)^{-1}; \quad (1.6)$$

$$P_1 = \frac{\mu}{\nu} P_0; P_2 = \frac{\mu^2}{\nu^2} P_0; \dots; P_n = \frac{\mu^n}{\nu^n} P_0. \quad (1.7)$$

В случае, когда $\nu=0$, получим

$$\begin{aligned} P_n &= \lim_{\nu \rightarrow 0} P_n = \lim_{\nu \rightarrow 0} \left(\frac{\mu}{\nu} \right)^n / \left[1 + \left(\frac{\mu}{\nu} \right)^1 + \left(\frac{\mu}{\nu} \right)^2 + \dots + \left(\frac{\mu}{\nu} \right)^n \right] = \left\{ \frac{\infty}{\infty} \right\} = \\ &= \lim_{\nu \rightarrow 0} 1 / \left[\left(\frac{\nu}{\mu} \right)^1 + \left(\frac{\nu}{\mu} \right)^2 + \dots + \left(\frac{\nu}{\mu} \right)^n + 1 \right] = 1. \end{aligned}$$

Аналогично

$$P_k = \lim_{\nu \rightarrow 0} P_k = 0, \quad \forall k \in [0, n-1].$$

Следовательно, соотношения (1.4) и (1.5) справедливы для $\forall \nu \in [0, \mu]$.

Формулы (1.6) и (1.7) дают перечень возможных дискретных состояний случайной величины y_i и соответствующих им вероятностей P_i . Найденный закон распределения может быть изображен графически в виде полигона распределения вероятностей.

Результаты расчета по формулам (1.6) и (1.7) при фиксированных параметрах n , μ и ν представлены в виде распределения вероятностей проявившихся дефектов адгезионной связи (рисунок 1.6). Анализ этих зависимостей показывает, что максимальное значение предельной вероятности проявившихся дефектов при любых сочетаниях параметров n , μ и ν приходится на максимальное значение n . При этом с увеличением параметра ν при неизменных n и μ характер зависимости сохраняется, однако вероятность $P(y)$ снижается. Это означает появление в адгезионном соединении более существенных дефектов, вероятность проявления которых повышается.

Полученные зависимости качественно иллюстрируют вероятность ослабления литевых соединений, обусловленную нестабильными параметрами формирования адгезионной связи. Найденные закономерности представляют не только теоретический интерес для анализа факторов прочности адгезионных соединений и стабильности их параметров, но и имеют прикладное значение. При наличии соответствующих объективных данных параметрами n , μ и ν можно характеризовать степень однородности материалов литевых соединений и уровень соблюдения технологического процесса литевого крепления и, таким образом, прогнозировать прочность адгезионной связи.

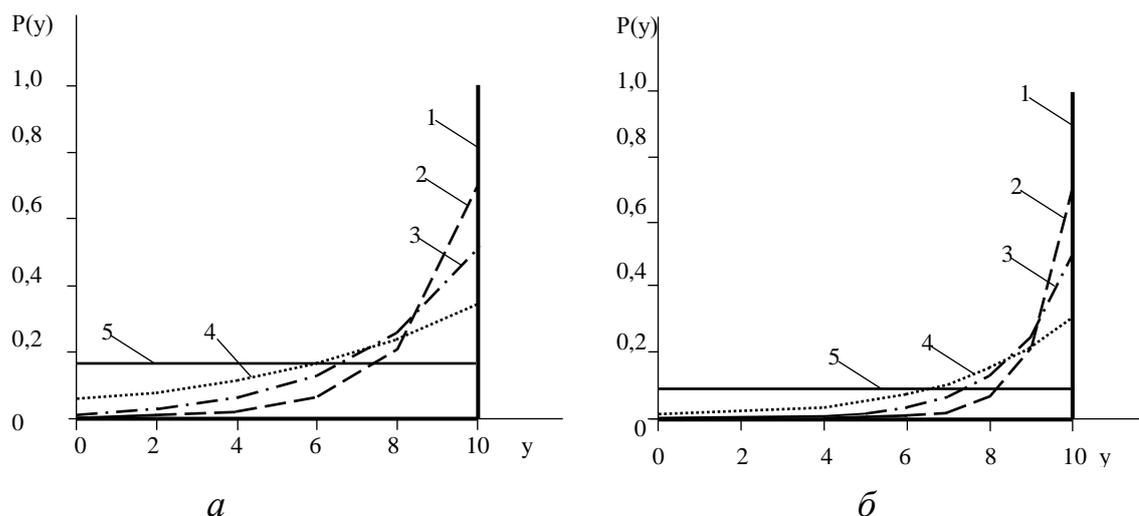


Рисунок 1.6 – Распределение вероятности $P(y)$ проявления дефектов адгезионной связи при $n=5$, $\mu=1$ (а), $n=10$, $\mu=1$ (б); для $\nu=0$ (линия 1), 0,3 (2), 0,5 (3), 0,7 (4), 1(5).

1.4. Методические аспекты оценка прочности литевых соединений

Для оценки прочности литевых соединений обувных материалов отсутствуют специальная нормативная документация или рекомендации. Однако, поскольку литевые соединения являются разновидностью адгезионных, на них распространяются методы испытаний, разработанные для клеевых соединений. В литературе [24, 29-32, 41-44] подробно описаны деструктивные методы определения механической прочности адгезионных соединений, дан анализ области их применения и определены их ограничения в интерпретации получаемых данных. Несмотря на развитие неразрушающих

методов испытаний адгезионных соединений, их применение в исследовательских целях является дискуссионным и требует дальнейшего совершенствования [41, 24,47, 48].

Прочность адгезионных соединений мягких обувных материалов наиболее часто определяют методом расслаивания [32], что обусловлено удовлетворительной воспроизводимостью результатов испытаний, а также соответствием условий нагружения модельных образцов и деталей обуви при эксплуатации. Кроме того, метод позволяет наблюдать визуально или с помощью микроскопа характер разрушения адгезионных соединений и анализировать факторы их прочности.

В настоящей монографии прочность литевых соединений оценивали методом расслаивания образцов литевых соединений по ГОСТ 22307-77. При этом интерпретацию получаемых результатов увязывали со специфическими особенностями формирования литевых соединений обувных материалов, которые кратко изложены выше.

В исследованиях авторов образцы литевых соединений формовали в литевой форме с размерами полости $100 \times 25 \times 5$ мм на литевой машине К-1220. При исследованиях прочности литевых соединений в широких пределах варьировали температуру литья и давление формования. Однако для разных литевых машин из-за особенностей их тепловых характеристик и параметров литниковых систем оснастки температура расплава T_p , поступающего в полость формы, различна при идентичных температурах нагревательного цилиндра. Вследствие разных потерь давления в элементах литевых машин и формирующего инструмента различаются также величины давления литья и давления формования P_d непосредственно в полости формы.

Для внесения определенности в значения параметров T_p и P_d и получения воспроизводимых результатов исследований, проводимых на разных литевых машинах, проводили тарировку этих параметров. Для этого измеряли температуру расплава T_p , истекающего из сопла литевой машины К-1220, при разных температурах нагревательного цилиндра и определяли давление в полости формы P_d при разных давлениях впрыска. Методика измерений параметров T_p и P_d изложена в работе [49]. В дальнейшем под параметром T_p будем подразумевать температуру расплава, поступающего в полость формы, а под P_d – давление непосредственно в полости литевой формы.

Изготовление образцов литевых соединений проводили в соответствии с технологией, общепринятой в практике прямого литья низа на обувь. Подложки из материалов верха однократно промазывали полиуретановым клеем на основе «Десмоколл-400» 18-20-ти процентной концентрации, сушили в естественных условиях в течение 5 минут, после чего приливали подошвенную композицию. Полученные образцы испытывали не ранее, чем через 24 часа.

Такую же методику применяли и для изготовления образцов литевых соединений подошвенных композиций с пленочными моделями материалов верха при исследовании специфической адгезионной связи.

2 ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ПРЯМОГО ЛИТЬЯ НИЗА НА ОБУВЬ

Современные подошвенные полимерные материалы условно можно разделить на следующие основные группы:

- резины на основе различных каучуков;
- композиции на основе пластифицированного ПВХ;
- композиции на основе термоэластопластов;
- литьевые полиуретановые композиции;
- термопластичные полиуретановые композиции;
- композиции на основе полимеров этилена с винилацетатом (ЭВА).

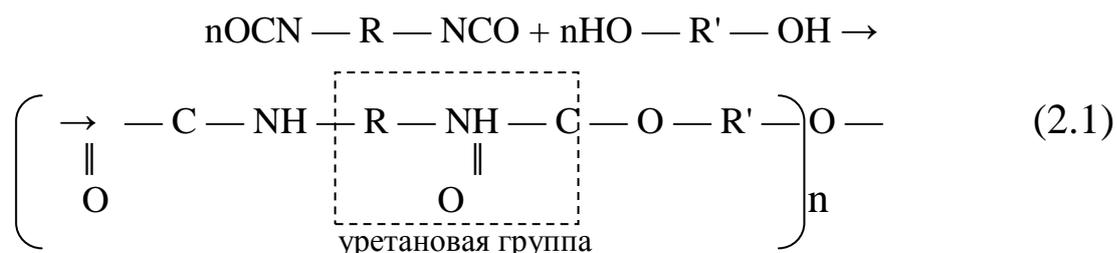
Эти подошвенные композиции обладают различным комплексом свойств. Однако и в пределах каждой группы производятся материалы различной структуры и с различными физико-механическими характеристиками.

Для прямого литья низа на обувь наиболее эффективными материалами являются литьевые полиуретаны и ПВХ-пластикаты. Термопластичные полиуретаны и резины чаще применяют для прямого литья ходового слоя двухслойного низа на обуви и в производстве специальной обуви. Термоэластопласты в практике прямого литья имеют ограниченное применение из-за их низкой адгезионной способности. Композиции на основе ЭВА вообще не пригодны для прямого литья низа на обувь вследствие их значительного расширения при размыкании формы. Однако ЭВА, так же, как и натуральная кожа, дерево и другие материалы применяются в качестве вкладных деталей в литьевые формы при прямом литье комбинированного низа обуви. Ниже рассмотрены основные показатели технологических и физико-механических свойств подошвенных полимерных материалов.

2.1 Литьевые полиуретаны

Изделия из литьевых полиуретанов этого типа изготавливают методом жидкого формования, совмещающего в одном процессе получение высокомолекулярного полимера и формование из него изделий.

При жидком формовании полиуретаны получают в результате реакции диизоцианатов и олигоэфирдиолов [18]:



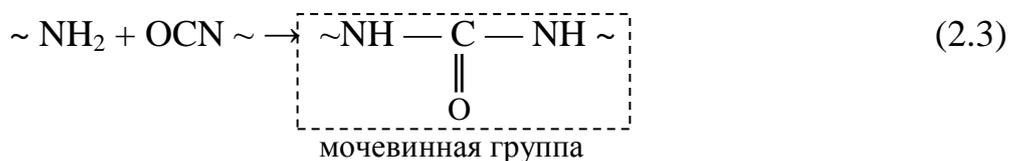
Для получения полиуретановых эластомеров используют простые или сложные олигоэфиры с молекулярной массой 1000...4000, содержащие на

концах молекул гидроксильные группы.

Микропористые полиуретановые эластомеры (МПУ) получают при взаимодействии диизоцианатов с олигоэфирдиолами и водой в присутствии катализаторов, эмульгаторов и других ингредиентов. В этом случае одновременно с реакцией (2.1) протекает реакция между изоцианатными группами и водой с образованием диоксида углерода, выполняющего функцию порообразующего газа, и аминных групп:



Образующиеся аминные группы реагируют со свободными изоцианатными группами, содержащимися в смеси, с образованием мочевиновых групп:



Таким образом, при получении микропористых полиуретанов одновременно идут три химические реакции.

В ходе реакции (2.1) происходит удлинение молекул олигоэфира через уретановые группы, благодаря чему вязкость реакционной смеси возрастает вплоть до потери ее текучести. В результате реакции (2.2) смесь одновременно вспенивается выделяющимся диоксидом углерода.

Реакция (2.3) также приводит к удлинению цепей олигоэфира и росту вязкости смеси. Вода в данном случае играет роль и агента вспенивания и удлинителя цепей [18, 52].

Химические реакции, протекающие при получении МПУ, сопровождаются резким повышением вязкости смеси (т.е. ее отверждением) и завершаются в течение нескольких минут. При этом вспенивание смеси начинается не сразу после перемешивания компонентов, а через некоторое время, называемое «временем старта», которое составляет 6-7 с. Эти особенности процесса образования МПУ обуславливают необходимость непрерывного и тщательного перемешивания компонентов смеси и заполнения полости формы в течение периода, не превышающего «время старта».

Для обеспечения быстрого и тщательного перемешивания компоненты смеси при комнатной температуре должны быть низковязкими жидкостями с примерно одинаковой вязкостью. С учетом этого и требований к эксплуатационным характеристикам формуемых подошв разрабатывают рецепты полиуретановых композиций.

В состав литьевых олигомерных смесей входят следующие ингредиенты [51]:

– гидроксилсодержащие олигомеры (простые или сложные олигоэфиры, олигобутадииендиолы);

- сшивающие агенты (диизоцианаты);
- удлинители цепи (для получения заданной длины образующихся макромолекул полиуретана);
- катализаторы (для ускорения реакций отвержения и вспенивания полиуретана);
- порообразователи (для образования пористой структуры);
- эмульгаторы и порорегуляторы (для регулирования размеров и структуры пор);
- красители (для окраски полиуретана в массу);
- функциональные добавки (для повышения морозостойкости, стойкости к истиранию, улучшения бактерицидных, антистатических и других специфических свойств полиуретана).

Основным ингредиентом полиуретанов являются простые или сложные линейные олигоэфирдиолы.

При производстве подошвенных материалов чаще применяют сложные олигоэфирдиолы, обеспечивающие более высокие физико-механические свойства изделий. Однако их недостатком является низкая стойкость к гидролизу.

При прямом литье низа на обувь применяется, в основном, двухстадийный метод синтеза уретанового эластомера, который более технологичен, чем одностадийный. В этом случае на предприятия поступают полуфабрикаты композиции, из которых готовят два основных компонента. Их принято обозначать компонентами *A* и *B*.

Компонент *A* готовится непосредственно перед изготовлением изделий. Для этого на предприятия поступают три полуфабриката: A_1 – олигоэфир; A_2 – смесь катализатора, удлинителя, порообразователя и порорегулятора (полуфабрикат A_2 называют активатором) и A_3 – красящая паста. Компонент *A* готовится путем перемешивания полуфабрикатов при 50-60°C в течение 30 мин, в результате чего получают жидкую смесь с динамической вязкостью 0,9-1,5 Па•с [52].

Компонент *B* представляет собой преполимер, который готовится на химическом предприятии путем перемешивания олигоэфира с сшивающим агентом при 60-90°C.

Примерный состав композиции на основе сложных олигоэфиров приведен в таблице 2.1 [51].

Таблица 2.1 – Примерный состав литьевой олигомерной композиции

Компоненты	Ингредиенты композиции	Расход ингредиентов на 1000 пар, кг	
<i>A</i> {	A_1	Сложный олигоэфирдиол	280
	A_2	Катализатор, удлинитель цепи, порообразователь, порорегулятор	21,7
	A_3	Красящая паста	8,3
<i>B</i>	Преполимер	210	

Процесс жидкого формования изделий из полиуретанов принципиально отличается от литья под давлением резиновых смесей и термопластичных композиций. Это связано с тем, что исходными материалами являются два основных олигомерных компонента низкой вязкости, а процесс образования полимера происходит при их смешении и формообразовании изделий. Принципиальная схема процесса жидкого формования представлена на рисунке 2.1 [59].

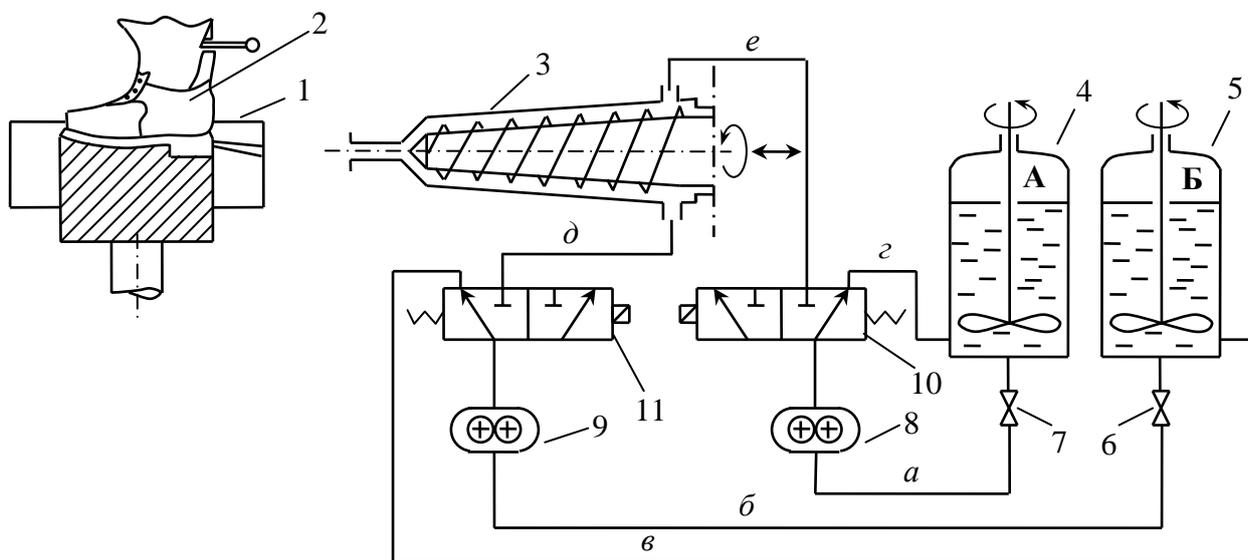


Рисунок 2.1 – Схема процесса жидкого литьевого формования полиуретанового низа на обуви:

1 – блок литьевой формы; 2 – заготовка верха на колодке; 3 – смеситель; 4 и 5 – резервуары; 6, 7 – краны; 8, 9 – насосы-дозаторы; 10, 11 – распределители

Компоненты А и Б предварительно заливаются в резервуары 4 и 5 с регулируемой температурой. Для обеспечения гомогенности реагенты в баках перемешиваются мешалками.

Из резервуаров компоненты А и Б с помощью шестеренчатых насосов-дозаторов 8 и 9 по обогреваемым гибким шлангам а и б подаются к смесительному устройству. Для поддержания требуемой температуры и вязкости компонентов в период между подачами их в смеситель они циркулируют через распределители 10 и 11 и шланги в и г обратно в резервуары.

Для смешения компонентов распределители переключаются, и реагенты направляются по каналам д и е в смеситель 3. Смеситель представляет собой высокоскоростной конический шнек, вращающийся со скоростью $250-350\text{с}^{-1}$ который тщательно перемешивает компоненты и подает смесь в литьевую форму 1.

Благодаря высокой скорости вращения шнека, смешение компонентов А и Б длится доли секунды, а заполнение полости литьевой формы смесью реагентов производится со скоростью 60-120 г/с в течение 5-10 с. При этом давление литья не превышает 0,5 МПа, что достаточно для заполнения полости

формы низковязкой композицией.

В период смешения компонентов *A* и *B* и впрыска реагентов в литьевую форму температура смеси повышается до 100-200°C за счет её интенсивного перемешивания и протекания химических реакций. Поэтому корпус смесителя охлаждается до 50-60°C, а температура литьевых форм поддерживается в интервале 40-55°C.

После впрыска литьевой смеси происходят химические реакции образования полиуретана и рост объема материала вследствие его вспенивания. Эта стадия формования продолжается в течение 2-6 мин (в зависимости от толщины изделий), а по её окончании материал переходит в твердое состояние и приобретает формоустойчивость. При этом температура изделия снижается до 60-80°C.

Во многих литьевых агрегатах красящие пасты (компонент A_3) хранятся в отдельных резервуарах и подаются непосредственно в смеситель при впрыске. Такая система окраски смеси не требует хранения предварительно окрашенного компонента *A* в общем резервуаре и исключает дорогостоящую операцию по его очистке при смене цвета материала.

Физико-механические и химические свойства полиуретанов определяются видом исходных компонентов, соотношением их содержания в композиции, а также применяемыми функциональными модификаторами. Так, тип гидроксилсодержащего компонента – простого или сложного олигоэфира – предопределяет многие показатели свойств полиуретановых изделий.

Механические свойства полиуретановых систем на основе сложных олигоэфиров, особенно истираемость, существенно выше, чем на базе простых олигоэфиров. Однако последние имеют более высокую морозостойкость и более стойки к действию гидролизующих агентов.

Физико-механические свойства и морозостойкость систем полиуретанов, их химическую стойкость (в том числе к гидролитическому расщеплению) можно повышать за счет ввода в компонент *A* различных функциональных добавок. Таким путем получают материалы с различными свойствами в зависимости от области применения изделий.

Для производства деталей низа обуви выпускаются следующие полиуретановые системы [59]:

- стандартные для производства низа повседневной и специальной обуви;
- повышенной эластичности;
- повышенной износостойкости;
- для литья внутреннего слоя при изготовлении двухслойных подошв;
- для формования внешнего (ходового) слоя подошв;
- для литья подошв повышенной морозостойкости.

Показатели свойств некоторых полиуретановых систем приведены в таблице А.1 приложения А.

Существенными преимуществами изделий из литьевых полиуретановых систем являются [59]:

- низкая плотность материала изделий (до 320 кг/м³) при достаточно высоких показателях механических свойств, что позволяет изготавливать массивные подошвы толщиной до 30-40 мм;
- высокие амортизационные свойства;
- высокая стойкость к действию нефтепродуктов, масел, жиров, щелочей, многих видов растворителей, превосходя в этом отношении даже специальные виды резин;
- высокие термоизоляционные и теплозащитные свойства (благодаря микропористой структуре);
- стабильные антистатические характеристики;
- способность к длительному хранению;
- высокие адгезионные свойства.

К недостаткам изделий из литьевых полиуретанов относятся:

- неудовлетворительная устойчивость к скольжению по обледенелому грунту. Следует добавить, что возможности выполнения на ходовой поверхности подошв глубоких рифлений ограничены из-за низкого давления при литьевом формовании изделий;
- недостаточная стойкость к действию кислот;
- необходимость соблюдения довольно жестких мероприятий при транспортировке и хранении исходных компонентов полиуретановых систем, которые являются токсичными веществами.

Благодаря высоким адгезионным свойствам литьевые полиуретаны являются самым эффективным материалом для прямого литья низа на обувь. Этим методом производится обувь для активного отдыха, прогулочная, многие виды повседневной обуви спортивного типа.

В настоящее время литьевые полиуретаны широко применяются при производстве специальных видов обуви, поскольку эти материалы, помимо высокой износостойкости и амортизационных свойств, обладают стойкостью к действию агрессивных сред. Однако специальные виды обуви с низом из литьевых полиуретанов не предназначены для эксплуатации в условиях воздействия кислот и низких температур.

2.2 Термопластичные полиуретаны

Термопластичные полиуретаны (ТПУ) или уретановые термоэластопласты представляют собой блок-сополимеры типа $(A-B)_n$. Блоки A образуются молекулами простых или сложных олигоэфиров и характеризуются слабым межмолекулярным взаимодействием и высокой эластичностью. Уретановые блоки B , напротив, обладают сильным межмолекулярным взаимодействием и жесткостью.

Жесткие блоки агрегируются в домены, которые распределяются в матрице эластичных блоков. Вследствие агрегации жестких блоков ТПУ не обладают текучестью при умеренных температурах.

При получении ТПУ, благодаря небольшому избытку групп NCO,

образуются аллофанатные связи, которые легко разрушаются при нагревании. Регулированием соотношения жестких и эластичных блоков получают ТПУ с различной твердостью и эластичностью.

Способность уретановых термоэластопластов перерабатываться, как обычные термопласты объясняется тем, что участвующие в образовании поперечных связей аллофанатные и биуретановые группы термически менее стабильны, чем уретановые и мочевиновые. Поэтому молекулярная сетка ТПУ при температуре переработки разрушается. При охлаждении полимера аллофанатные или биуретановые связи вновь восстанавливаются и формируют молекулярные сетки.

При изготовлении композиционных материалов ингредиенты специального назначения, а также стабилизаторы, наполнители, пластификаторы и т.п. вводятся либо в исходные компоненты, либо добавляются к термопластичному полиуретану перед переработкой в изделия.

Прозрачность получаемых термопластичных полиуретанов зависит от температуры синтеза и отверждения. Повышение этих температурных параметров способствует получению прозрачных материалов.

Модификация свойств уретановых термоэластопластов может проводиться путем их совмещения с другими полимерными материалами: хлоропреновым каучуком, сополимерами акрилонитрила с винилиденхлоридом, винилхлорида с винилиденхлоридом, бутадиена с акрилонитрилом, фенолформальдегидной, кумароноинденовой смолами и другими полимерами

Подошвенные композиции на основе ТПУ подразделяются на непористые и пористые, стандартные и с повышенными механическими свойствами, эластичные и жесткие. В зависимости от назначения обуви и области применения композиций в деталях низа материалы на основе ТПУ выпускаются для наружных слоёв подошв, формования подошв целиком и изготовления набоек.

Материалы для набоек и для производства подошв спортивной обуви обладают наибольшими показателями прочности при растяжении, сопротивления истиранию, твердости и наименьшим удлинением при растяжении. Напротив, композиции для производства подошв для повседневной обуви характеризуются невысокой твердостью и повышенной эластичностью при более низких показателях прочности при растяжении и сопротивления истиранию. При этом все композиции на основе ТПУ обладают высокой адгезией к материалам верха обуви, которая характеризуется прочностью при расслаивании стандартных склеек не ниже, чем 8,0 кН/м.

Показатели свойств некоторых композиций на основе ТПУ и температурные режимы их переработки литьем под давлением приведены в таблице А.2 приложения А [59].

Характеризуя композиции на основе ТПУ, необходимо отметить следующее. Во-первых, эти композиции обладают самыми высокими среди современных подошвенных материалов механическими свойствами и износостойкостью. Во-вторых, низ обуви из композиций на основе ТПУ может

эксплуатироваться при температурах от 40...-45°C до +70...+110°C. В-третьих, они обладают высокой стойкостью к агрессивным средам. И, наконец, они имеют достаточно высокий коэффициент трения-сцепления с грунтом, хотя и уступают по этому показателю термоэластопластам и некоторым видам резин.

К недостаткам композиций на основе ТПУ, сдерживающим их более широкое применение, относятся:

- высокая стоимость материалов (они в 2-3 раза дороже ПВХ-пластиков и композиций на основе термоэластопластов);
- более сложная (в сравнении с ПВХ-пластикатами и композициями на основе ТЭПов) переработка в изделия из-за возможностей сшивания цепей макромолекул ТПУ и их взаимодействия с влагой.

Материалы на основе ТПУ используются для производства лыжных ботинок и подошв для специальной, а также повседневной обуви. Наиболее целесообразно применение этих материалов для формования ходовых слоев комбинированных подошв. Жесткие материалы на основе ТПУ являются наилучшим материалом для набоек, особенно для каблучков с малой опорной поверхностью.

2.3 Пластикаты поливинилхлорида

Для изготовления подошвенных ПВХ-пластиков используется суспензионный ПВХ, обладающий более высокими физико-механическими и технологическими свойствами. Применение паст (пластизолей) из эмульсионного ПВХ для изготовления деталей низа обуви не получило широкого распространения из-за низкой эффективности формования, обусловленной, в первую очередь, длительностью процесса желирования паст ПВХ.

Основным компонентом, радикально изменяющим свойства исходного полимера, являются пластификаторы. Эти изменения заключаются, в первую очередь, в смещении температуры стеклования пластифицированного ПВХ в область отрицательных температур и появления широкой температурной области высокоэластического состояния, характерного для резин.

В отличие от чистого ПВХ его пластикат имеет температуру стеклования в диапазоне отрицательных температур (до -50°C). При обычных температурах он имеет высокую эластичность, а при повышенных приобретает хорошую текучесть, что дает возможность легко формовать из него изделия.

Пластификаторы придают ПВХ следующие свойства:

- мягкость и гибкость, возрастающие с увеличением содержания пластификатора;
- повышенную ударную вязкость при изгибе;
- большие относительные удлинения (при одновременном снижении разрывного усилия);
- легкую перерабатываемость.

Наряду с комплексом ценных свойств, ПВХ обладает существенным

недостатком, заключающимся в низкой термо- и светостойкости. Поскольку ПВХ перерабатывается при высоких температурах, возникает необходимость повышения его термостабильности, а при эксплуатации изделий требуется его светостабилизация.

Для модификации свойств пластикаторов в них вводят различные полимерные добавки, в том числе из полимеров, не совместимых с ПВХ. Получаемые при этом гетерогенные системы обладают более высокими механическими свойствами, которые превышают соответствующие показатели отдельных компонентов смеси. В качестве таких добавок могут применяться хлоропреновые каучуки, фторкаучуки, бутилкаучуки, сополимеры винилиденхлорида с бутадиеном, ЭВА, АБС-пластики, термопластичный полиуретан и другие полимеры.

Примерный состав ПВХ-пластикатов для низа обуви представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Примерный состав ПВХ - пластиката для низа обуви

Компоненты	Назначение компонента	Содержание, масс. ч.
ПВХ С70 М	Основной полимер	100
ДОФ, ДОС, ДБФ	“Букет” пластификаторов	70...100
Мел, каолин, белая сажа	Наполнитель	10...20
Эпоксидированное масло	Пластификатор-стабилизатор	5...10
Стеарат кальция		
Трехосновной сульфат свинца	Термостабилизатор и смазка	1...2
Краситель	Термостабилизатор	2...6
ЧХЗ-21	Для окрашивания	1,5...2,0
	Порообразователь	0,8...2,0

В последние годы разработаны композиции на основе ПВХ, модифицированные бутадиен-нитрильными каучуками (БНК) и сополимерами ЭВА. Модифицированные пластикаты обладают повышенными показателями морозостойкости, эластичности, сопротивления истиранию и хорошими фрикционными свойствами. Таким образом, модифицированные ПВХ-пластикаты по многим свойствам приближаются к композициям на основе термоэластопластов. Однако они уступают последним по морозостойкости и фрикционным свойствам. Если температура эксплуатации низа обуви из композиций на основе термоэластопластов может достигать -45°C , то для морозостойких ПВХ-пластикатов она не превышает -20°C [59].

Наибольшее применение ПВХ-пластикаты получили при прямом литье низа обуви. Это обусловлено хорошей текучестью ПВХ-пластикатов, высокой прочностью литьевого крепления к большинству материалов верха и невысокой стоимостью пластикаторов.

К настоящему времени разработаны различные способы прямого литья

ПВХ-пластикатов, в том числе двух- и многоцветного низа. Литьевой метод крепления низа из ПВХ-пластикатов наиболее целесообразен при производстве обуви для активного отдыха и легкой повседневной обуви.

Из ПВХ-пластикатов изготавливают также различные виды цельно-полимерной обуви: сланцы, туфли для бассейна, галоши, открытую обувь.

Литьевое формование пористого низа обуви может производиться двумя методами.

По первому методу в литьевую форму впрыскивается объем расплава пластика меньший, чем объем полости формы. Полное заполнение и формование изделия производится за счет роста объема материала при выделении порообразующих газов. Этим методом удается получить качественно отформованные изделия плотностью до $750-800 \text{ кг/м}^3$. Стремление снизить плотность материала впрыском меньшего объема расплава приводит к получению нечетко отформованной поверхности изделий из-за недостаточного внутреннего давления порообразующих газов.

Согласно второму методу объем полости формы перед ее заполнением уменьшается за счет подвижного пуансона или его отдельных частей. После полного заполнения уменьшенной полости формы ее объем увеличивается перемещением (отпуском) пуансона. При этом скорость отпуска регулируется с целью получения минимально возможной плотности материала изделия. Этим методом достигается плотность ПВХ-пластикатов до $650-700 \text{ кг/м}^3$ [39].

Еще более низкую плотность (до $550-600 \text{ кг/м}^3$) можно обеспечить при управлении процессом порообразования регулированием давления воздуха в полости формы.

Физико-механические и технологические свойства ПВХ-пластикатов ведущих производителей представлены в таблице А.3 приложения А.

В настоящее время серийно выпускаются композиции на основе смеси ПВХ с бутадиен-нитрильным каучуком под торговыми названиями Тефлекс и Винилан МБ. Эти композиции обладают высокой масло- и бензостойкостью, повышенной морозостойкостью, меньшей истираемостью и более высоким коэффициентом трения-скольжения по грунту, чем ПВХ-пластикаты. Композиции Тефлекс и Винилан МБ предназначены, в первую очередь, для производства масло- и бензостойкой обуви и обуви для служащих силовых структур, а также могут применяться для повседневной обуви.

ПВХ-пластикаты и композиции на основе смеси ПВХ с другими полимерами могут окрашиваться в любые цвета, иметь глянцевую, матовую или резиноподобную поверхность, а за счет введения специальных добавок обладать фосфоресцирующими или флуоресцирующими свойствами.

ПВХ-пластикаты относятся к сравнительно недорогим подошвенным материалам, обладающим вместе с тем достаточно высокими показателями механических свойств, сопротивления истиранию и удовлетворительной стойкостью к агрессивным средам. Эти материалы легко перерабатываются в изделия благодаря низкой вязкости их расплавов.

Основным недостатком ПВХ-пластиков являются их низкая морозостойкость и неудовлетворительная устойчивость к скольжению по обледенелому грунту. Кроме того, ПВХ-пластики имеют невысокую термостабильность, что требует более тщательного соблюдения температурных режимов их переработки.

Удовлетворительная стойкость ПВХ-пластиков к агрессивным средам и достаточно высокая теплостойкость позволяют использовать эти материалы и при производстве некоторых видов специальной обуви. Однако эта обувь не должна эксплуатироваться при пониженных температурах и на скользком грунте.

2.4 Резины

Для изготовления подошвенных резин используют различные марки бутадиен-стирольных или бутадиен-метилстирольных каучуков (СКС-30, СКМС-30, СКМС-30РП и др.) При производстве твердых кожеподобных резин применяют высокостирольные каучуки (БС-45АКМ), а также в смесь вводят высокостирольные смолы (например, дуранит), полистирол, полиэтилен [18].

Основными наполнителями черных обувных резин являются углеродные сажи (ПМ-75, ПМ-15), а цветных – каолин и белые сажи (БС-50, БС-150), аэросил-175, ультрасил. Для повышения прочностных характеристик цветных подошвенных резин и снижения их плотности применяют комбинацию наполнителей – каолина и белой сажи. Для придания резинам кожеподобных свойств в смесь вводят до 7-8 % волокнистого наполнителя. С целью снижения стоимости резин в состав смеси вводят до 10 % резиновой муки [54].

Основными мягчителями для резин являются рубракс, канифоль, кумароновые смолы, стеарин, жирные кислоты, вазелин, веретенное масло [50]. Наиболее часто в рецептах подошвенных резин применяют комбинации нескольких мягчителей, но обязательным их компонентом является стеарин или жирные кислоты, которые облегчают диспергирование наполнителей. Поскольку мягчители снижают адгезионную способность подошвенных резин, их вводят в количестве, исключающем миграцию на поверхность изделий (до 8-16 %) [51, 53].

Содержание серы в подошвенных резинах составляет 1,5-2,0 %, а активатора вулканизации – оксида цинка – 2-5 %. В качестве ускорителей вулканизации используют комбинации ускорителей. Для предотвращения подвулканизации в смеси вводят 0,2-1,0 % фталевого ангидрида [18, 59].

Рецепты подошвенных резин для низа специальной обуви из-за особых требований к ней имеют специфические особенности. Полимерную основу резинового низа спецобуви наиболее часто составляют следующие каучуки [53, 55]:

- дивинилнитрильные СКН-18М, СКН-26М, СКН-40М – для масло-, бензо-, нефте-, жиро-, и термостойкой обуви;
- этиленпропиленовые тройные сополимеры СКЭПТ-50 – для

производства кислото- и щелочестойкой обуви;

- стереорегулярные бутадиеновые (СКД) и со сложноэфирными группами (БЭФ-10Ц) – для морозостойких резин;
- фторкаучуки СКФ-32 – для термостойких (до 300°С) резин.

Полимерную основу резиновых смесей для литья под давлением составляют каучуки СКД, СКИ-3 и БС-45АКН, обладающие сравнительно невысокой вязкостью. Кроме этого в состав смеси вводят большее количество мягчителей и термопластичных полимеров (полиэтилен, полистирол). Особенностью литьевых резиновых смесей является также применение вулканизирующих систем с более высокой температурой действия для предотвращения подвулканизации смеси из-за возможного её разогрева в каналах литьевого оборудования [59].

Формование и вулканизацию деталей низа осуществляют в обогреваемых литьевых формах, которые устанавливаются на литьевых агрегатах.

Пластикация резиновой смеси в нагревательном цилиндре происходит при температуре 70-100°С, однако при впрыске смесь разогревается до 160-190°С за счет внутреннего трения (перехода части механической энергии течения в теплоту). Это значительно ускоряет процесс вулканизации смеси в литьевых формах, что является существенным преимуществом метода перед прессовой горячей вулканизацией. Из-за высокой вязкости пластицированной резиновой смеси давление литья достигает 150-200 МПа [59].

При прямом литье получают пористый и не пористый низ обуви, а также двухслойные подошвы разной плотности или разного цвета слоев. При получении пористой структуры подошв литьевые формы имеют подвижный пуансон, который в процессе вулканизации увеличивает объем полости литьевой формы для достижения заданной плотности резины.

В последнее десятилетие разработаны способы инжекционно-прессового литьевого формования высоковязких подошвенных композиций, в том числе резиновых смесей. Этими способами получают тонкостенные изделия (толщиной до 2 мм), что невозможно при традиционном способе литья под давлением из-за высокой вязкости резиновых смесей [59, 56].

Инжекционно-прессовый способ литья особенно эффективен при формовании деталей низа обуви из комбинированных материалов, особенности изготовления которых рассмотрены в разделе 7.

За счет подбора каучуков и других ингредиентов резиновых смесей для производства формованных деталей низа они обладают высокими показателями износостойкости, теплостойкости, стойкости к действию агрессивных сред и другими специфическими свойствами. Основные показатели свойств формованных деталей низа представлены в таблице А.4 приложения А.

Основным преимуществом резин в сравнении с другими подошвенными материалами является возможность их эксплуатации при высоких и низких температурах и стойкость к воздействию агрессивных сред. Специальные виды термостойких резин допускают эксплуатацию изделий при температуре до 250-300°С, а морозостойких – даже при температуре ниже -50°С. Многие виды

резин обладают высокой стойкостью к действию нефтепродуктов, масел, воды, кислот, щелочей, жиров [59].

Резины (особенно пористые) обладают достаточно высокой устойчивостью к скольжению по сухому грунту. Трение-сцепления резиновых подошв удовлетворительно и при ходьбе по обледенелому грунту. Устойчивость резин к скольжению (как и других термопластичных подошвенных материалов) увеличивается при выполнении на ходовой поверхности подошв глубоких рифлений с заостренными наружными кромками выступов.

Устойчивость к скольжению по обледенелому грунту кожеподобных резин неудовлетворительна. К тому же выполнение на подошвах из этих материалов глубоких рифлений невозможно из-за малой толщины подошв.

Механические показатели свойств и стойкость к истиранию резин находятся на удовлетворительном уровне. Однако марки износостойких (и, следовательно, более дорогостоящих) резин обладают значительно более высокими показателями.

К недостаткам резин относится энергоемкость их переработки из-за высокой вязкости резиновых смесей и необходимости их вулканизации при формовании изделий.

Отмеченные достоинства и недостатки подошвенных резин определяют преимущественную область их применения. Резины наиболее широко применяются в специальных видах обуви, эксплуатируемых в условиях высоких или низких температур при воздействии различных агрессивных сред. Резины применяют также для низа некоторых видов спортивной и туристской обуви. Повседневная обувь с резиновым низом выпускается в ограниченном объеме [59].

2.5 Композиции на основе термоэластопластов

Композиции на основе термоэластопластов – сравнительно новые материалы для низа обуви, которые с начала 70-х годов 20-го века постепенно вытесняют резины во многих видах повседневной обуви. Это объясняется рядом их уникальных свойств, сочетающих эластичность, износостойкость и морозостойкость резин со способностью перерабатываться как термопласты. Такое сочетание свойств композиций на основе термоэластопластов обусловлено строением основного полимера композиций – термоэластопласта [57].

Для изготовления подошвенных композиций используют бутадиен-стирольные (ДСТ), изопрен-стирольные (ИСТ), бутадиен- α -метилстирольные линейные (ДМСТ) и разветвленные (ДМСТ-Р) термоэластопласты. При обозначении типа термоэластопласта, характеризующего гомополимеры его блоков, обычно указывают содержание связанного термопласта. Например, ДСТ-30 означает бутадиен-стирольный термоэластопласт с содержанием связанного стирола 30 %.

Несмотря на то, что термоэластопласты обладают высокими показателями прочности, эластичности, износостойкости они имеют и ряд недостатков. Основными из них является низкая теплостойкость, неудовлетворительная масло- и бензостойкость, недостаточная устойчивость к действию кислорода и озона, особенно при термомеханических нагрузках. Расплавы термоэластопластов, особенно высокой молекулярной массы, имеют высокую вязкость, что затрудняет их переработку.

Для получения подошвенных материалов с заданными физико-механическими и технологическими свойствами термоэластопласты модифицируют путем их смешения с наполнителями, пластификаторами, стабилизаторами, термопластами и другими ингредиентами.

Твердость и жесткость подошвенных композиций регулируют введением эмульсионного полистирола, а также других термопластичных полимеров. Этим же обеспечиваются более высокие прочностные свойства композиций.

Получение пористой структуры изделий из композиций на основе термоэластопластов не представляет сложностей. Для этого используются те же порообразователи, что и для других полимерных композиций. При введении в композицию порообразователей удается снизить плотность материала низа до $600-750 \text{ кг/м}^3$, а материалов специального назначения – до 500 кг/м^3 .

Рецепты композиций на основе термоэластопластов обычно являются коммерческой тайной изготовителей. Однако известны основные ингредиенты композиций, определяющие их физико-механические и технологические свойства. В таблице 2.3 приведен примерный состав композиций для низа обуви [59].

Таблица 2.3 – **Примерный состав подошвенных композиций на основе термоэластопластов**

Наименование ингредиента	Содержание ингредиента, масс. ч.		
	Жесткий низ	Мягкий низ	Пористый низ
Термоэластопласт (типов ДСТ-30, ДСТ-45PM, ДМСТР-50 и др.)	100	100	100
Термопластичный полимер (эмульсионный полистирол, сополимеры бутадиена со стиролом, этилена с винилацетатом, ПВХ, хлорированный полиэтилен и др.)	20...60	–	20...50
Наполнители (мел, каолин, технический углерод, минеральные наполнители)	до 10	20...100	20...40
Пластификаторы (вазелиновые, нафтеновые, трансформаторные, индустриальные масла)	10...50	20...100	15...50
Стабилизаторы (агидол, продукт НГ-2264, ионолы, тинувины, ТБТМ и др.)	0,5...1,0	0,5...1,0	0,5...1,0
Порообразователи (ЧХЗ-21, микросферы «Ехрancel» и др.)	–	–	1...5
Красители (оксид титана, цинковые белила, пигментные концентраты)	1,0...1,5	1,0...1,5	1,0...1,5

Для производства подошвенных композиций, в основном, используются маслonaполненные и немаслonaполненные бутадиен-стирольные термоэластопласты, выпускаемые в большом ассортименте и отличающиеся соотношением бутадиена и стирола, а также содержанием масла [18, 57].

Для повышения сопротивления растаптыванию низа обуви в качестве полимерной основы используют термоэластопласты радиального строения с содержанием связанного стирола или α -метилстирола до 45-55 %. Такие термоэластопласты выпускаются только маслonaполненными для обеспечения их хорошей текучести при переработке [86].

Для придания специфических свойств, например, для получения поверхности изделия, имитирующей кожу, в композицию вводят сополимер этилена с винилацетатом, который к тому же является хорошим светостабилизатором. В состав композиций могут вводиться два и более блок-сополимера, имеющих разные характеристики [57].

Подошвенные композиции на основе термоэластопластов выпускаются следующих разновидностей:

- стандартные (универсальные) и для формования изделий высшей категории качества;
- монолитной, полувспененной, вспененной и супервспененной структуры;
- для производства подошв отдельно и для прямого литья низа на обувь;
- для изготовления подошв повседневной, производственной и спортивной обуви;
- для формования подошв с высоким, средним и низким каблуками и подошв без каблука;
- легкоформуемые (для формования изделий с мелким рисунком) и средней текучести;
- черные, цветные, прозрачные;
- для формования изделий с глянцевой, матовой, креповой (шероховатой) поверхностью и их комбинаций.

В зависимости от вида подошвенные композиции имеют различные технологические и физико-механические свойства. Композиции для низа обуви выпускаются под торговыми названиями Sofprene (фирма Softer, Италия), Elastofran, Gumifran, Adifran (Franceschetti, Италия), Solplast (Uteksol, Словения), Тэпогран (Полигран, Россия) и др. Вид подошвенной композиции обозначается цифровым или буквенно-цифровым кодом.

В таблице А.5 приложения А представлены показатели свойств подошвенных композиций на основе бутадиен-стирольных термоэластопластов и формованных изделий из них [56, 39].

Характеризуя детали низа из композиций на основе термоэластопластов, следует отметить, что они обладают высокой эластичностью, удовлетворительной износостойкостью, могут окрашиваться в любые цвета, иметь разную текстуру поверхности. При эксплуатации низ обуви имеет хорошее сцепление с грунтом, которое может быть дополнительно повышено

за счет рифлений на ходовой поверхности. Подошвы могут эксплуатироваться в интервале температур от -45°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Основной недостаток композиций на основе термоэластопластов – их низкая теплостойкость. Вследствие этого обувь с низом из этих материалов может эксплуатироваться при температуре не выше $+50^{\circ}\text{C}$. Другим недостатком ТЭПов является их низкая стойкость к агрессивным средам.

По показателям физико-механических свойств и эксплуатационным характеристикам ТЭПы в наибольшей степени отвечают требованиям к подошвенным материалам для повседневной зимней обуви. Более того, благодаря легкости формования изделий из ТЭПов и широким возможностям декоративного оформления деталей низа, эти материалы применяются и для производства весенне-осенней и летней обуви. Из-за высокого коэффициента трения о грунт и достаточно низкой истираемости подошвы из ТЭПов применяют для изготовления некоторых видов спортивной обуви и обуви для активного отдыха [59].

2.6 Сравнительная характеристика подошвенных композиций и их комбинирование в производстве низа обуви

Для обеспечения необходимых физико-механических свойств и эксплуатационных характеристик обуви к подошвенным материалам предъявляют разнообразные требования, причем некоторые из них носят взаимоисключающий характер.

Так, с одной стороны к подошвенным материалам предъявляются требования высокой износостойкости, а с другой – эластичности и легкости. Очевидно, что первому требованию в большей степени удовлетворяют износостойкие непористые материалы, а второму – пористые. К этому следует добавить, что для повышения теплозащитных и термоизоляционных свойств низа обуви требуется применение пористых материалов, которые, однако, из-за пониженной когезионной прочности не обладают достаточной износостойкостью.

Ходовая поверхность низа должна иметь повышенную твердость и жесткость для предохранения стопы от воздействий со стороны неровностей и твердых частиц грунта. Однако для обеспечения комфортных условий эксплуатации материал низа должен обладать низкими показателями твердости и жесткости.

Для снижения нагрузок на стопу при ходьбе, пучковая часть низа должна быть эластичной и гибкой, поскольку подошва подвергается многократным изгибам в этой области. В то же время, каблучно-геленочная часть должна обладать, наоборот, жесткостью и упругостью для поддержания свода стопы и обеспечения её устойчивости в обуви.

Для плотного прилегания низа к верху обуви при ее сборке необходима определенная пластичность материала низа. Однако пластичный материал низа быстро растаптывается и теряет свою форму. Кроме того, пластичный материал

обладает низкими амортизационными свойствами, что не обеспечивает в должной мере комфортные условия носки и рассредоточение удельных нагрузок в зоне контакта низа с опорной поверхностью.

Для повышения сопротивления к скольжению по грунту материалы низа должны иметь высокую эластичность, низкую твердость и жесткость. Такими показателями свойств в большей степени обладают пористые материалы, которые, как отмечено выше не обеспечивают достаточную износостойкость. Кроме того, защита стопы от воздействия грунта обеспечивается только при достаточно большой толщине пористого низа обуви.

Таким образом, к материалам низа обуви предъявляются требования высокой износостойкости, сопротивления к скольжению по грунту, достаточной твердости и жесткости, определенной пластичности. Вместе с тем подошвенные материалы должны быть легкими, эластичными, иметь высокие амортизационные свойства. Образно говоря, подошвенные материалы должны обладать свойствами непористых и пористых материалов, быть одновременно твердыми и мягкими, эластичными и жесткими, пластичными и упругими.

Естественно, ни один из материалов не обладает (и не может обладать) таким комплексом свойств.

Задача обеспечения этих противоречивых требований частично решается путем применения внутренних деталей (подложек, простилок, геленков) и вкладных стелек из материалов разных свойств. Однако наиболее полное удовлетворение требований к низу обуви достигается применением для его изготовления комбинаций материалов разных классов, имеющих различные характеристики и структуру.

Основная идея создания низа обуви из комбинированных материалов состоит в двух- или многослойной конструкции подошв. Ходовой слой этой конструкции изготавливается из износостойких, как правило, непористых материалов, а внутренние слои – из пористых мягких. Однако применяются и другие более сложные комбинации материалов низа, которые имеют не только функциональное, но и декоративное назначение.

Для обоснования рациональных комбинаций материалов низа следует провести сопоставительный анализ показателей свойств подошвенных композиций. В таблицах 2.4 и 2.5 приведены показатели физико-механических свойств и эксплуатационные характеристики материалов на основе полимеров разных классов [59].

Таблица 2.4 – Физико-механические свойства подошвенных полимерных материалов

Материалы	Показатели свойств					
	Н, по Шору, усл.ед	$\rho \cdot 10^3$ кг/м ³	σ , МПа	ε , %	$N_{и}$, Килоциклы	ΔV , мм ³
Резины						
непористые	65...90	1,30...1,55	4,0...13,5	160...350	15...75	150...650
пористые	35...80	0,25...0,70	2,0...4,5	165...520	25...70	220...700
кожеподобные	75...95	0,95...1,15	2,5...7,5	180...450	15...20	180...480
ТЭПы						
непористые	45...90	0,97...1,0	2,5...12,0	250...900	15...100	90...300
пористые	40...70	0,55...0,95	4,0...6,0	650...800	15...100	170...450
ПВХ-пластики						
непористые	45...90	1,2...1,3	5,0...9,5	250...350	15...30	100...250
пористые	50...80	0,55...0,90	3,6...6,0	250...400	15...40	150...300
Литьевые ПУ						
непористые	60...85	1,0...1,05	8,0...11,5	400...500	100...150	65...100
пористые	50...80	0,32...0,65	4,0...9,5	320...660	75...200	45...200
ТПУ						
непористые	65...98	1,10...1,24	20...60	350...700	200...250	20...60
ЭВА						
пористые	30...70	0,10...0,36	2,2...3,5	200...300	20...30	450...900

Примечание.

В таблице обозначено: Н – твердость; ρ – плотность; σ – предел прочности при разрыве; ε – относительное удлинение при разрыве; $N_{и}$ – сопротивление многократному изгибу; ΔV – истираемость.

Кожеподобные резины и ЭВА для прямого литья не применяются, их свойства приведены для сопоставительного анализа подошвенных материалов

Таблица 2.5 – Эксплуатационные характеристики подошвенных материалов

Материалы	Показатели эксплуатационных характеристик				Стойкость к агрессивным средам
	Температурные пределы эксплуатации, °С		Устойчивость к скольжению по грунту		
	верхний	нижний	сухому	обледенелому	
Резины					
непористые	70...100*	-40...-50	высокая	удовлетворительная	высокая
пористые	70...100*	-40...-50	высокая	вполне удовлетвор.	высокая
кожеподобные	50...60	-15...-20	удовлетворительная	неудовлетворительная	удовлетворительная
ТЭПы					
непористые	45..50	-35..-45	самая высокая	вполне удовл.	низкая
пористые	45..50	-35..-45	самая высокая	вполне удовл.	низкая
ПВХ-пластики					
непористые	60...70	-10...-20	удовлетвор.	неудовлетвор.	удовлетвор.
пористые	60..70	-10...-20	удовлетвор.	неудовлетвор.	удовлетвор.
Литьевые ПУ					
непористые	70...80**	-20...-30	удовлетвор.	неудовлетвор.	высокая
пористые	70...80**	-20...-30	вполне удовл.	неудовлетвор.	высокая
ТПУ непористые	80...110	-35...-45	высокая	удовлетвор.	высокая
ЭВА пористые	70...80	-25...-30	вполне удовл.	удовлетвор.	высокая

Примечание. * Специальные виды резин могут эксплуатироваться при температурах до 250...300⁰С.

** Специальные виды полиуретановых систем допускают непродолжительную эксплуатацию изделий при температурах до 150⁰

Кожеподобные резины и ЭВА для прямого литья не применяются, их свойства приведены для сопоставительного анализа подошвенных материалов.

Широкий диапазон показателей свойств материалов на основе какого-либо одного полимера объясняется следующими причинами.

Во-первых, показатели свойств полимерных композиций во многом зависят от характеристик основного полимера (или смеси полимеров). К этим характеристикам относятся способ полимеризации полимера, степень его чистоты (т.е. содержание примесей и остаточных продуктов полимеризации), молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение.

Во-вторых, показатели свойств композиционных материалов определяются их рецептом. Рецептурными приемами обеспечивают получение материалов на основе одного и того же полимера, с разными показателями свойств. Кроме того, для придания композициям особых свойств в них вводятся различные модифицирующие добавки.

В-третьих, характеристики полимерных композиций существенно зависят от качества смешения ингредиентов и процесса приготовления композиций, а свойства деталей низа обуви определяются технологией и режимами их изготовления [59].

Анализируя показатели свойств подошвенных резин, следует иметь в виду, что эти материалы производятся на основе разных видов каучуков (или их смесей) обладающих теми или иными свойствами. Так, различают износостойкие, жиростойкие, масло-, нефте-, кислото-, щелочно-, жаро-, морозостойкие резины, обладающие разными физико-механическими свойствами.

Различия показателей свойств композиций на основе какого-либо одного полимера обусловлены и тем, что подошвенные материалы производятся стандартных видов (удешевление), повышенного качества (более дорогостоящие) и обладающими специальными свойствами. В композиции последнего вида вводятся добавки специального назначения, что еще в большей степени увеличивает стоимость материалов. Совершенно очевидно, что композиции указанных видов имеют специфические рецепты, что объясняет различия показателей их свойств. Следует заметить, что во многих случаях улучшение одних показателей свойств рецептурными методами приводит к ухудшению других показателей.

Из таблицы 2.5 следует, что по морозостойкости, теплостойкости, устойчивости к скольжению по грунту, стойкости к агрессивным внешним средам специальные виды резин превосходят другие подошвенные материалы. Материалы на основе ТПУ, хотя и уступают по этим свойствам резинам, также имеют достаточно высокие показатели. Более того, эти материалы имеют и преимущества перед резинами. Композиции на основе ТПУ обладают самыми высокими среди подошвенных материалов показателями механических свойств. Кроме того, они могут быть прозрачными, что открывает широкие возможности декоративного оформления изделий. Поэтому резины и материалы на основе ТПУ наиболее приемлемы для изготовления ходовых слоев комбинированных подошв.

Литьевые полиуретаны, несмотря на их невысокую устойчивость к скольжению по грунту, также целесообразно применять для формования

ходовых слоев низа обуви. Путем введения в полиуретановые литые системы специальных ингредиентов (антискользящих) фрикционные свойства этих материалов можно значительно улучшать. Кроме того, специальные виды полиуретановых систем обеспечивают повышенную морозостойкость (до -30°C) и допускают кратковременную эксплуатацию изделий при температуре до $+150^{\circ}\text{C}$.

Применение композиций на основе ТЭПов для ходовых слоев низа обуви, несмотря на высокое сопротивление к скольжению по грунту, менее целесообразно. Во-первых, эти материалы обладают низкой адгезионной способностью, что усложняет соединение ходового слоя с внутренними деталями низа из других пористых материалов. Во-вторых, композиции на основе ТЭПов недостаточно стойки к агрессивным средам и имеют низкую теплостойкость. Поэтому эти материалы применяются для ходовых частей комбинированных подошв, внутренние слои которых формируются в одном процессе из пористых ТЭПов. Такие подошвы предназначены для повседневной обуви и обуви для активного отдыха.

В отличие от композиции на основе ТЭПов ПВХ-пластики обладают удовлетворительной стойкостью к агрессивным средам. Однако они имеют невысокую морозостойкость (до -20°C) и неудовлетворительные фрикционные свойства (таблица 2.5). Непористые ПВХ-пластики могут использоваться для ходовых слоев низа обуви в сочетании с пористыми пластиками или с микроячеистыми литыми полиуретанами. Очевидно, что обувь с подошвами из таких комбинаций материалов не предназначена для эксплуатации по скользкому грунту и в условиях пониженных температур.

Применение материалов на основе ЭВА для ходовых слоев пока не получило широкого распространения, хотя эти материалы обладают необходимыми для этого свойствами. Это обусловлено, в первую очередь, тем, что применение этих материалов наиболее эффективно при формировании изделий пористой структуры.

Поэтому пористые детали из ЭВА применяют в качестве вкладышей в литую форму при прямом литье комбинированного низа обуви

По данным лаборатории поиска и разработок фирмы Main Group (Италия) [55] литые подошвенные материалы по достигаемой в изделиях плотности можно подразделить на три группы (рисунок 2.2).

К первой группе относятся материалы на основе ЭВА, плотность которых варьируется от 150 до 800 кг/м^3 . В этом плане они являются, безусловно, лидером среди обувных материалов. Однако наиболее востребованными для производства деталей низа, в том числе внутренних слоев подошв, являются композиции плотностью от 200 до 400 кг/м^3 . Детали низа обуви такой плотности обеспечивают легкость обуви при достаточно высоком сопротивлении растаптыванию подошв.

Ко второй группе пористых материалов отнесены литые полиуретаны. Эти материалы плотностью $400-600\text{ кг/м}^3$ наиболее пригодны для внутренних слоев комбинированных подошв обуви, эксплуатируемой при повышенных

механических нагрузках (спортивной, специальной, обуви для силовых структур). Для повседневной обуви плотность полиуретановых внутренних слоев может быть снижена до 300 кг/м^3 .

К третьей группе материалов отнесены резины, ПВХ-пластикаты и термоэластопласты. Препятствием для получения более низкой плотности этих материалов является высокая вязкость их расплавов, особенно резин.

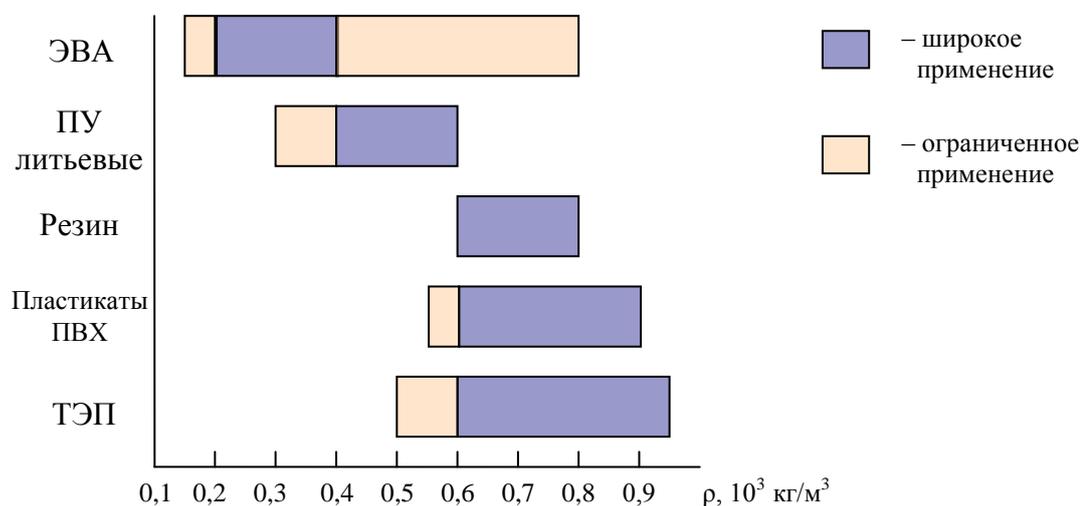


Рисунок 2.2 – Плотность пористых литевых материалов для низа обуви

Оценивая адгезионные характеристики пористых материалов, следует констатировать, что литевые полиуретаны по этому показателю явно превосходят другие подошвенные композиции. Материалы на основе ЭВА также обладают достаточно высокими адгезионными свойствами. Более широкому применению ЭВА для внутренних слоев подошв препятствует специфическая технология их формования, затрудняющая изготовление комбинированного низа в одном процессе и не обеспечивающая стабильность размеров формуемых изделий.

ПВХ-пластикаты и резины обладают более низкими, чем литевые полиуретаны адгезионными свойствами, а термоэластопласты без специальной обработки имеют неудовлетворительные адгезионные характеристики. Поэтому пористые термоэластопласты целесообразно применять для внутренних слоев комбинированного низа только с ходовыми слоями из одноименных композиций.

Таким образом, пористые литевые ПУ и материалы на основе ЭВА наиболее приемлемы для формования внутренних деталей комбинированного низа. При этом они обеспечивают наиболее существенное снижение массы обуви и повышение комфортных условий её эксплуатации.

Что касается пористых материалов на основе ТПУ, то их применение для внутренних слоев комбинированного низа пока ограничено из-за высокой стоимости сырья.

Анализируя данные таблице 2.4, следует иметь в виду, что оценка

подошвенных материалов по показателям лабораторных испытаний не полностью характеризует их эксплуатационные свойства. При носке низ обуви подвергается более сложным механическим нагрузкам, чем при лабораторных исследованиях. Кроме того, обувь испытывает химические, биохимические, радиационные и другие виды воздействий.

Количественная оценка стойкости подошвенных материалов к комплексу этих эксплуатационных воздействий – задача довольно сложная; к тому же четкие критерии для ее решения отсутствуют. Поэтому имеются лишь немногочисленные данные подобных оценок. Особый интерес представляет сопоставление пористых подошвенных материалов для повседневной обуви по показателю эксплуатационной устойчивости (рисунок 2.3) [59]. Сопоставительные данные получены в британском исследовательском институте SATRA при анализе стойкости низа обуви в реальных условиях эксплуатации. При этом показатель эксплуатационной устойчивости представлен в относительных условных единицах. За единицу принят показатель условного (эталонного) материала низа, эксплуатационная стойкость которого вполне достаточна для носки повседневной обуви в обычных (не экстремальных) условиях.

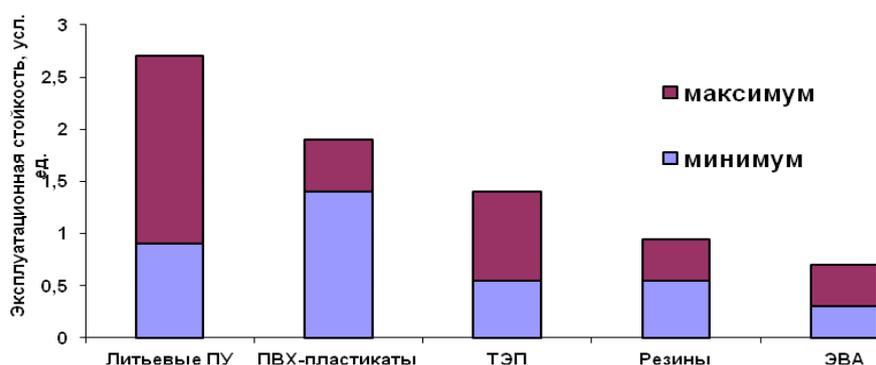


Рисунок 2.3 – Эксплуатационная стойкость пористых подошвенных материалов для повседневной обуви

Диаграммы на рисунке 2.3 иллюстрируют широкий диапазон значений эксплуатационной стойкости подошвенных материалов. Помимо рецептурных факторов это обусловлено и разной пористостью исследованных композиций. Вместе с тем прослеживается корреляция эксплуатационной стойкости материалов с показателями их физико-механических свойств, приведенных в таблице 2.4.

Обращает на себя внимание то, что нижний предел показателя эксплуатационной стойкости наиболее высокий у ПВХ-пластиков. Это следует отнести к тому, что плотность низа из ПВХ-пластика обычно выше, чем других материалов за исключением термоэластопластов (таблица 2.4). Однако последние, в отличие от ПВХ-пластиков, имеют низкую теплостойкость и неудовлетворительное сопротивление к действию агрессивных сред (таблица 2.5), что отрицательно сказывается на их эксплуатационной стойкости.

3 ФАКТОРЫ ОБРАЗОВАНИЯ ВЫПРЕССОВОК И ПУТИ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

Серьезной проблемой, осложняющей технологический процесс прямого литья низа на обувь, является образование выпрессовок. Причины их появления известны [63], но в реальных условиях не всегда устранимы. Кроме того, до настоящего времени полностью не изучена проникающая способность подошвенных композиций в зависимости от их свойств и технологических режимов литья. С целью исследования закономерностей образования выпрессовок, следует рассмотреть проникающую способность различных подошвенных композиций в зазоры между заготовкой верха обуви и губками полуматриц литьевой формы.

3.1 Проникающая способность расплавов подошвенных композиций

Формование низа обуви осуществляется в течение кратковременного цикла литья. Поэтому оценка формуемости (способности к переработке) подошвенных композиций является важной проблемой при прямом литье низа обуви, решение которой может служить основой для обоснованного выбора технологических режимов их переработки [65].

Формуемость подошвенных композиций можно определить, пользуясь различными показателями. Одним из них является показатель текучести расплава (ПТР). Он характеризует технологические свойства подошвенных композиций и включен в стандарты на полимерное сырье, по величине которого осуществляется входной контроль сырья на предприятии. ПТР характеризует скорость течения расплавленного полимера через капилляр стандартных размеров при заданных температуре и давлении. В свою очередь температура литья и давление формования оказывают наибольшее влияние на формуемость большинства подошвенных композиций и прочность литевых соединений различных систем обувных материалов. В стандартах на метод определения ПТР нормированы характеристики аппаратуры, условия подготовки и кондиционирования образцов перед испытанием, условия его определения и порядок испытания. Наиболее простыми методами оценки текучести расплавов являются определения индекса расплава и температуры текучести. В первом случае измеряют количество полимера, выдавленного в течение определённого времени через калиброванное отверстие при заданных температуре и давлении. Во втором случае, измеряют температуру, при которой полимер достигает определённой степени текучести под действием заданного давления за установленный промежуток времени [77].

Для оценки вязкостных свойств подошвенных композиций исследовались различные материалы, характеристика которых приведена в таблице 3.1.

Для подошвенных композиций, приведенных в таблице 3.1, на приборе для измерения индекса расплава термопластов марки ИИРТ по ГОСТ 11645-73 определяли ПТР в температурном диапазоне от 140 до 230°C.

Таблица 3.1 – Характеристика подошвенных композиций

Подошвенная композиция	Структура	Показатель текучести расплава, г/10 мин
ПВХ-пластикат марки ПЛ-2 ТУ 6-05-751768-60-93	монолитная	18,3 при $T_p=170^{\circ}\text{C}$, $F=50\text{H}$
ПВХ-пластикат марки ПЛП-2 ТУ 6-02-122-90	пористая	22,4 при $T_p=170^{\circ}\text{C}$, $F=50\text{H}$
Композиция на основе термоэластопласта 2S/63/120	монолитная	24,6 при $T_p=190^{\circ}\text{C}$, $F=50\text{H}$
Композиция на основе термоэластопласта 189 NM7058	пористая	26,4 при $T_p=190^{\circ}\text{C}$, $F=50\text{H}$

Для получения более полной картины влияния температуры литья на ПТР, выбранный температурный диапазон более широк, чем применяемый в практике прямого литья ($170\text{-}190^{\circ}\text{C}$). В этом диапазоне температуры показатель текучести расплава изменяется в широких пределах, поэтому его выдавливание осуществляли через капилляр малого диаметра (1,18 мм) под действием нагрузки 28,5 Н. Зависимость ПТР от температуры расплава для различных подошвенных композиций представлена на рисунке 3.1.

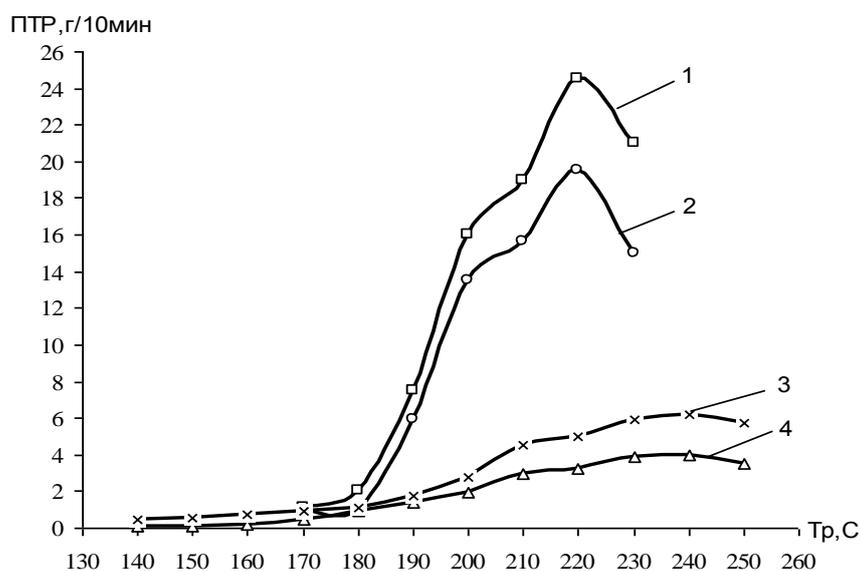


Рисунок 3.1 – Зависимость ПТР подошвенных композиций от температуры расплава:
1 – ПЛП-2, 2 – ПЛ-2, 3 – 189NM7058, 4 – 2S/63/120.

Из рисунка 3.1 следует, что увеличение ПТР ПВХ-пластикатов происходит при повышении температуры до 220°C , а термоэластопластов до 240°C . При этом наибольший рост текучести ПВХ-пластикатов имеет место при повышении температуры от 180°C до 220°C , а термоэластопластов – в интервале $190\text{-}230^{\circ}\text{C}$. Указанные температурные интервалы соответствуют диапазонам температуры литья, при которых существенно повышается

прочность литевых соединений [89]. Следовательно, можно предположить, что рост прочности литевого крепления при повышении температуры литья обусловлен как интенсификацией процесса молекулярной диффузии, так и улучшением текучести расплава композиции, способствующей образованию механических связей с волокнистыми материалами верха обуви.

Повышение температуры расплава выше рассмотренных диапазонов приводит сначала к замедлению роста ПТР, а затем к его снижению (рисунок 3.1), что объясняется термодеструкцией подошвенных композиций, а также структурированием термоэластопластов [77].

Таким образом, зависимость показателя текучести расплава от его температуры связана с закономерностью изменения прочности литевых соединений. Тем не менее, ПТР перерабатываемых полимеров не всегда дает полную картину формуемости подошвенных композиций из-за различия условий его определения и реального процесса формования [77]. Отметим, что значения ПТР, приведенные в стандарте, определяются при фиксированной температуре литья и незначительном напряжении сдвига, что не соответствует реальным условиям литевого формования.

Более полное представление о литевых свойствах подошвенных композиций даёт длина затекания расплава (ДЗР) в каналы большой длины экспериментальной литевой формы [66]. Наиболее подходящей формой канала является спиральная или зигзагообразная [74, 75].

ДЗР характеризует реологические свойства полимеров в широком интервале напряжений сдвига и температур и даёт возможность оценки и оптимизации диапазонов температур и давлений для литья термопластов, что особенно важно при испытании новых подошвенных композиций. Длина спирали, получаемая при литье полимеров, зависит от всех факторов, определяющих его течение и передачу тепла, и по ней удобно судить о поведении полимеров при неизотермическом течении. Вследствие этого, наиболее важной задачей является определение максимальной ДЗР при выбранных режимах литья и размерах канала.

Известны следующие варианты испытаний для определения длины затекания расплава полимера [61, 62]:

- при постоянных значениях давления, продолжительности цикла литья и температуры литевой формы определяется ДЗР в широком интервале изменения температуры расплава;

- при постоянных значениях температуры расплава, продолжительности цикла литья и давления литья определяется ДЗР при разных температурах литевой формы;

- при постоянных значениях температуры расплава и литевой формы, продолжительности цикла литья определяется ДЗР в интервале изменения давления литья.

С целью определения максимальной ДЗР, разработан метод оценки формуемости термопластичных композиций на малогабаритном экспериментальном стенде, моделирующем условия литевого формования

низа обуви на промышленных литевых агрегатах. Экспериментальная установка приспособлена для впрыска дозы расплава (с максимальным объёмом впрыска $V_{max}=7 \text{ см}^3$) под действием регулируемого давления литья ($P_{max}=25 \text{ МПа}$). Проникающую способность расплава оценивали по длине затекания расплава в канал опытной формы при регулируемых давлении литья P_l , температурах расплава T_p и литевой формы T_f . Полость опытной литевой формы представляет собой зигзагообразный канал прямоугольного поперечного сечения $2 \times 8 \text{ мм}$ длиной 240 мм (рисунок 3.2). Длину затекания расплава определяли по измерительной шкале с ценой деления $0,5 \text{ мм}$, установленной на верхней поверхности литевой формы.

При проведении экспериментов определяли ДЗР подошвенных композиций под действием различного давления при фиксированных T_p и T_f , а также при различных температурах расплава при фиксированных P_l и T_f .

Давление литья варьировали от 2 до 16 МПа , поскольку известно [90], что более высокое давление не оказывает существенного влияния на прочность литевых соединений, но способствует более интенсивному образованию выпрессовок.

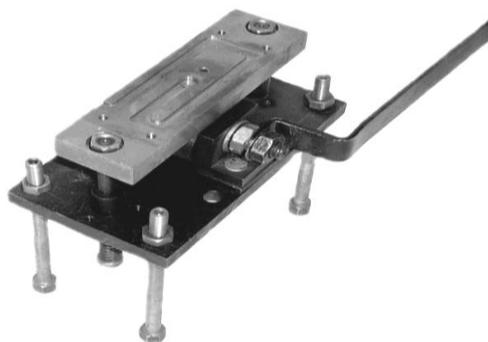


Рисунок 3.2 – Общий вид литевой формы с зигзагообразным каналом для измерения ДЗР

Исследовались широко применяемые ПВХ-пластикаты и композиции на основе термоэластопластов, характеристика которых приведена в таблице 3.1. Результаты экспериментов, характеризующие зависимость ДЗР этих композиций от давления литья, представлены на рисунке 3.3.

Полученные результаты характеризуют не только консистенцию полимера при условиях литевого формования, но и его способность заполнять охлаждаемые каналы литевой формы.

Аналогично изучено влияние температуры расплава на ДЗР ПВХ-пластиката ПЛ-2 при фиксированной температуре литевой формы. Результаты экспериментов представлены на рисунке 3.4.

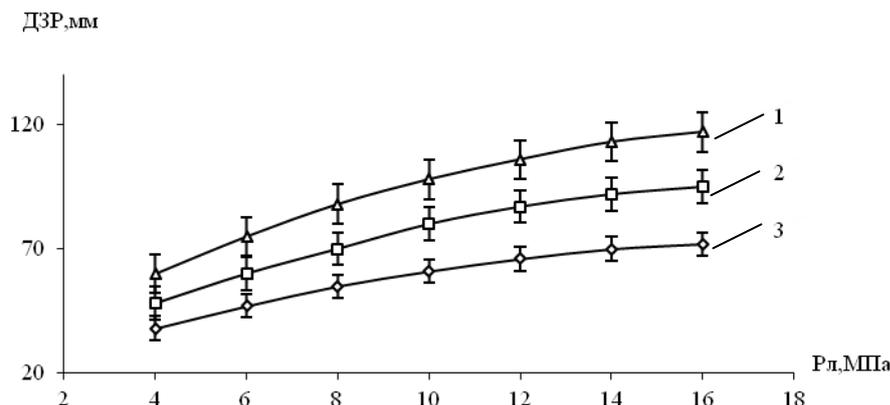


Рисунок 3.3 – Зависимость ДЗР подошвенных композиций 2S/63/120 (1), ПЛП-2 (2), ПЛ-2 (3) от давления литья P_l при $T_p=190^\circ\text{C}$ и $T_\phi=20^\circ\text{C}$.

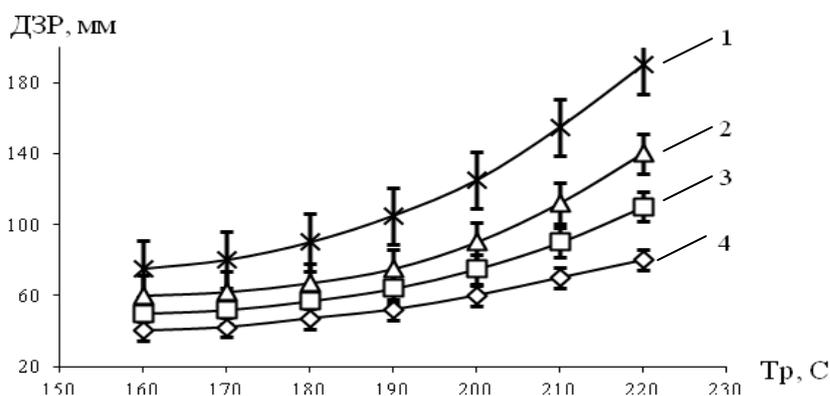


Рисунок 3.4 – Зависимость ДЗР ПВХ-пластиката ПЛ-2 от температуры расплава T_p при давлениях литья $P_l=12$ МПа (1), 8 МПа (2), 6 МПа (3), 4 МПа (4) для $T_\phi=20^\circ\text{C}$.

Из рисунков 3.3 и 3.4 следует, что повышение температуры расплава и давления литья приводит к увеличению ДЗР, следовательно, и проникающей способности расплава. Заметим, что наиболее интенсивное изменение ДЗР происходит при повышении давления литья до 12 МПа и при температуре расплава выше 190°C , что связано с изменением вязкостных свойств расплава при повышении температуры.

Оценивая полученные экспериментальные данные, следует заметить, что их качественная картина согласуется с данными, полученными на промышленных литьевых машинах [61, 62]. Тип литьевой машины, конструкция литниковой системы и неизбежные в промышленных агрегатах колебания параметров литья не оказывают существенного влияния на показатели ДЗР.

Для практического использования этого показателя, целесообразно установить нормируемые значения ДЗР для различных групп отливаемых подошвенных композиций. Тогда для оценки формуемости новых модифицированных композиций достаточно определить длину затекания расплава, сравнить с нормируемым значением и сделать вывод об условиях литьевого формования изделий из данной композиции.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что проникающая способность расплавов подошвенных композиций и, следовательно, вероятность образования выпрессовок связана с технологическими режимами их переработки. При этом очевидно, что наиболее мощными факторами, влияющими на проникающую способность подошвенных композиций, являются температура расплава и давление литья. В практике прямого литья низа на обувь эти факторы также варьируют для повышения прочности литьевого крепления низа и оптимизации других свойств формуемых изделий. К тому же, прочие параметры режимов литья (скорость заполнения формы, время впрыска и выдержки под давлением и др.) прямо или косвенно зависят от температуры расплава и давления литья [67].

Рассмотрим влияние режимов литья на появление выпрессовок. Их появление оценивали по величине минимальных зазоров δ между заготовкой верха и губками полуматриц, в которые способен проникать расплав полимера (в дальнейшем величина зазора δ). Эксперименты проводили на литьевом стенде с литьевой формой, моделирующей условия замыкания губок полуматриц на заготовке верха обуви. Общий вид опытной литьевой формы и схема экспериментальной установки представлены на рисунке 3.5.

Полость опытной литьевой формы с одной стороны ограничена цилиндрической поверхностью, моделирующей часть литьевой колодки, с другой стороны – ползуном, имеющим ребро с радиусом закругления 0,5 мм, который имитирует губки полуматриц. Заготовку верха обуви имитировала выровненная по толщине полоска кожи, наклеенная на цилиндрическую поверхность. Величину зазора между заготовкой верха и губками полуматриц определяли перемещением ползуна с помощью устройства регулирования зазора с точностью до 0,01 мм и контролировали набором плоских щупов.

Для определения влияния режимов литья на проникающую способность расплава в зазоры, температуру расплава варьировали от 150 до 220°C, температуру литьевой формы – от 20 до 60°C, давление литья повышали до 24 МПа. Известно, что температуру расплава T_p подошвенных композиций при прямом литье низа обуви выбирают в диапазоне 170-190°C. При этом фактическая температура расплава, поступающего в полость формы, может отклоняться от этих значений вследствие нестационарности процесса течения расплава в каналах. Поэтому для получения наиболее полной закономерности исследуемой величины зазора δ , фактор T_p варьировали в интервале 150-220°C. К обоснованию интервала варьирования фактора T_p добавим, что при $T_p < 150^\circ\text{C}$ не обеспечивается требуемая прочность литьевого крепления, а при $T_p > 220^\circ\text{C}$ снижается когезионная прочность подошвенных композиций из-за процессов

их термоокислительной деструкции. Что касается температуры литейной формы T_{ϕ} , то диапазон ее варьирования соответствует значениям, применяемым в практике прямого литья.

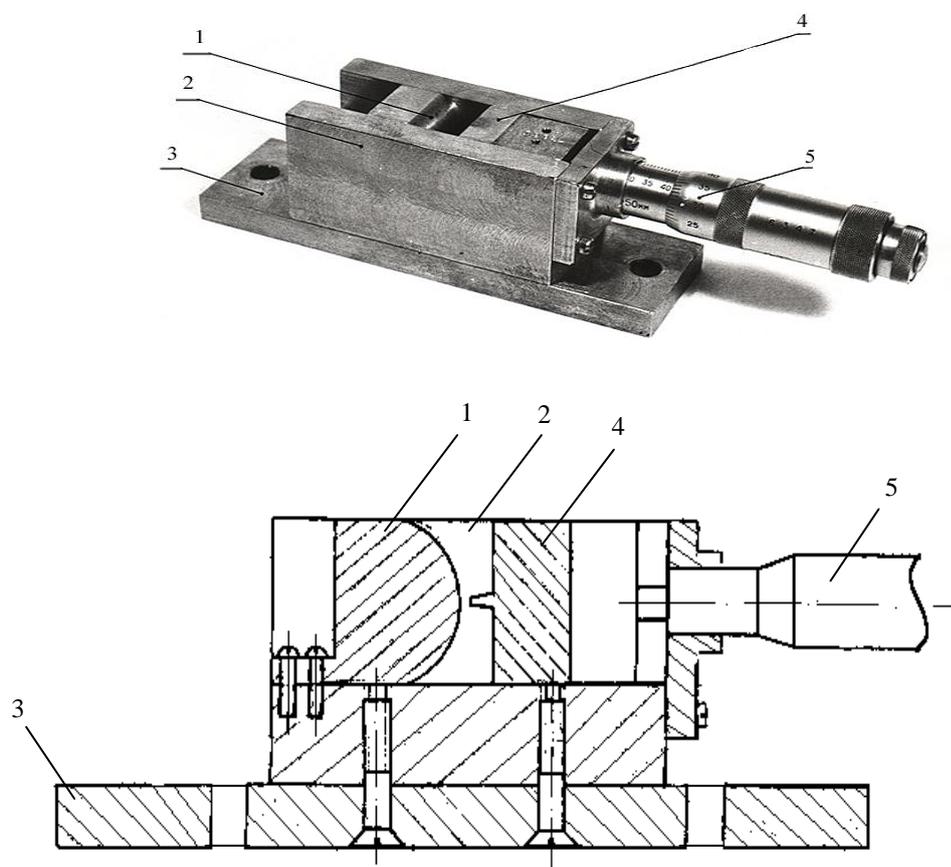


Рисунок 3.5 – Общий вид литейной формы (а) и схема её исполнения (б):
 1 – модель литейной колодки; 2 – корпус опытной литейной формы; 3 – основание;
 4 – полуматрица; 5 – устройство регулирования зазора.

Давление литья P_l зависит от применяемого литейного оборудования и формующего инструмента и обычно лежит в диапазоне 6-20 МПа [61-62, 18]. В данных исследованиях этот фактор варьировали в интервале 2-24 МПа.

Для проведения экспериментов предварительно устанавливали зазор, исключая проникновение в него расплава подошвенной композиции при фиксированных параметрах литья, затем величину зазора и давление литья (температуру расплава) увеличивали до появления следов выпрессовок [63]. Экспериментальная зависимость величины зазора δ от давления литья P_l при литье ПВХ-пластиката ПЛ-2 при $T_p=190^\circ\text{C}$ и $T_{\phi}=40^\circ\text{C}$ представлена на рисунке 3.6.

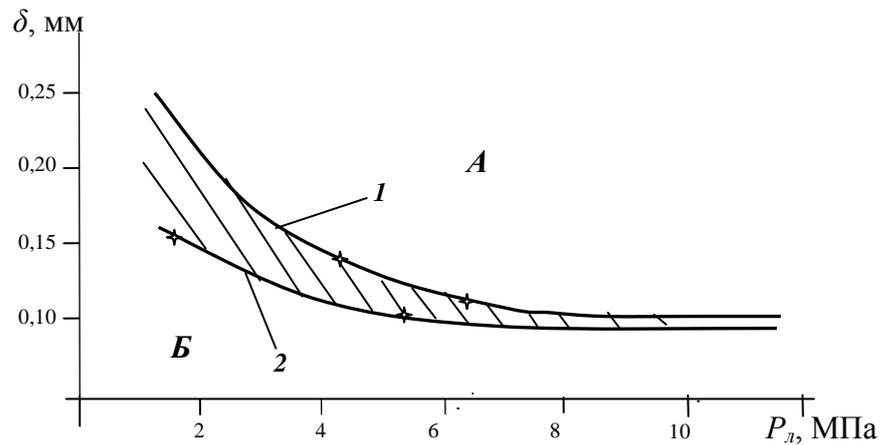


Рисунок 3.6 – Зависимость величины зазора δ от давления литья $P_{л}$ при литье ПВХ-пластиката ПЛ-2: граница верхних (1) и нижних (2) отклонений величин зазора δ ; *A* – область неизбежного появления выпрессовок, *B* – область отсутствия выпрессовок.

Кривые 1 и 2 на рисунке 3.6 проведены по границам верхних и нижних отклонений величины искомого зазора. Следовательно, эти кривые разделяют область *A* неизбежного образования выпрессовок от области *B*, где они отсутствуют. Область между ними характеризует условия (величину зазора δ и давление формования), при которых вероятно образование выпрессовок. Следует отметить, что при повышении давления литья область вероятного появления выпрессовок сужается, следовательно, и влияние неизбежных колебаний температур расплава и формы на процесс формования уменьшается. Из рисунка 3.6 также следует, что влияние давления литья на проницаемость расплава в зазоры значительно лишь при его повышении до 6 МПа.

Это обусловлено ограниченной способностью расплава проникать в зазоры малой величины в связи с особенностями их макромолекулярной структуры, что подтверждается литературными данными [61, 62] о способности расплавов термопластов проникать в зазоры величиной не менее 0,05-0,075 мм.

Результаты зависимости величины зазора δ , в который способен проникать расплав ПВХ-пластиката ПЛ-2, от технологических режимов литья представлены на рисунке 3.7.

Полученные зависимости свидетельствуют о значительном влиянии давления литья и температуры расплава на проникающую способность полимера, что согласуется с литературными данными [68-69, 141-142]. Увеличение же температуры литьевой формы незначительно повышает проницаемость подошвенной композиций из-за кратковременности процесса литья и низкой теплопроводности полимера, при этом кривая границы образования выпрессовок плавно смещается в сторону меньших зазоров.

Влияние давления литья на проникающую способность полимера более существенно при низких температурах расплава и формы. Это влияние значительно снижается при давлении свыше 6 МПа, и дальнейшее увеличение давления слабо повышает проникающую способность расплава. При этом

установлено, что при $T_p=220^\circ\text{C}$, $T_\phi=60^\circ\text{C}$ и давлении литья более 6 МПа полимер способен затекать в зазоры величиной не менее 0,08-0,19 мм.

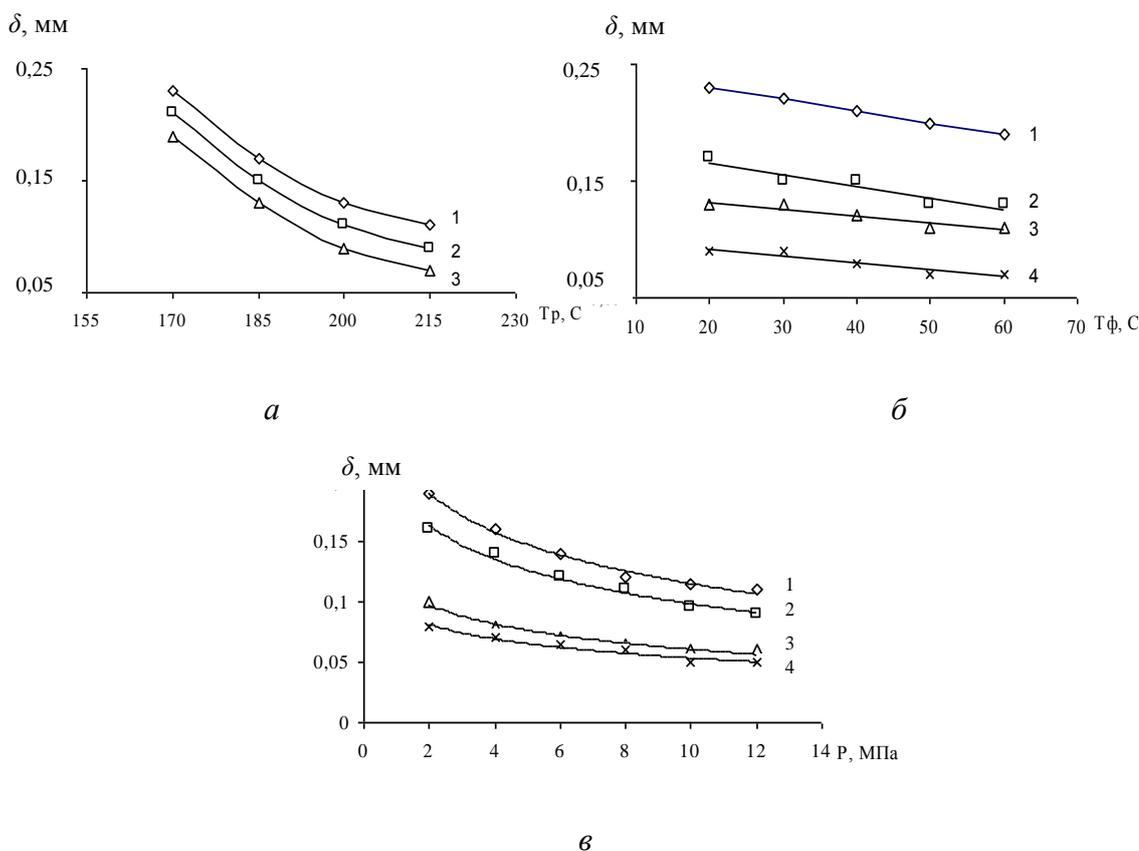


Рисунок 3.7 – Зависимость минимального зазора δ появления выпрессовок при литье ПВХ-пластиката ПЛ-2 от температуры расплава T_p , (а), температуры формы T_ϕ , (б), давления литья P_l , (в)
 а: 1 – $T_\phi=20^\circ\text{C}$, 2 – $T_\phi=40^\circ\text{C}$, 3 – $T_\phi=60^\circ\text{C}$ при $P_l=6$ МПа;
 б: 1 – $T_p=170^\circ\text{C}$, 2 – $T_p=185^\circ\text{C}$, 3 – $T_p=200^\circ\text{C}$, 4 – $T_p=220^\circ\text{C}$ при $P_l=6$ МПа;
 в: 1 – $T_p=170^\circ\text{C}$, 3 – $T_p=220^\circ\text{C}$ при $T_\phi=20^\circ\text{C}$; 2 – $T_p=170^\circ\text{C}$, 4 – $T_p=220^\circ$ при $T_\phi=60^\circ\text{C}$

Влияние режимов литья на проникающую способность подошвенных композиций на основе ПВХ-пластиката ПЛП-2 и термоэластопластов 2S/63/120 и 189 NM 7058 имеет идентичный характер, как для ПВХ-пластиката ПЛ-2 [53].

Таким образом, установлено, что в зависимости от температурных режимов переработки при давлении литья выше 6 МПа расплав ПВХ-пластиката проникает в зазоры более 0,08-0,19 мм, а расплав термоэластопласта – более 0,10-0,23 мм. Проникающая способность подошвенной композиции, приводящая к образованию выпрессовок, может быть уменьшена снижением температуры расплава и в меньшей степени за счет охлаждения формы. При этом, очевидно, что для этого возможности регулирования давления литья ограничены, так как его снижение ниже 6 МПа может привести к недоливам или нечёткому оформлению низа обуви [69, 142].

Полученные экспериментальные данные позволяют установить диапазоны варьирования режимов литья и выявить общие закономерности проникающей способности различных подошвенных композиций.

Следовательно, необходимы обобщение полученных результатов и разработка математических моделей проникающей способности подошвенных композиций в зазоры между заготовкой верха и губками полуматриц литьевой формы для получения оптимальных режимов литьевого формования.

3.2 Математические модели образования выпрессовок

С практической точки зрения наиболее целесообразным является представление зависимостей полученных экспериментальных данных в виде эмпирической формулы [70]. Следует отметить, что кривые изменения величины зазора от давления литья и температуры расплава имеют идентичный характер зависимостей $\delta=f(P_l)$ и $\delta=f(T_p)$, близкий к экспоненциальной (рисунок 3.7) и могут быть описаны уравнением, содержащим произведение экспоненциальных функций. Данное уравнение можно представить в общем виде: $y=a \times \exp(bx+cx)$, где a , b и c – постоянные параметры, которые определяются на основании экспериментальных данных.

Как отмечалось выше, на величину зазора в меньшей степени оказывает влияние T_ϕ , чем T_p и P_l , а функция $\delta=f(T_\phi)$ имеет практически линейную зависимость. Всё это позволяет описать влияние режимов литья на проницаемость подошвенных композиций уравнением вида:

$$\delta=a \times T_\phi \times \exp(v \times P_l + c \times T_p \times \text{ПТР}), \quad (3.1)$$

где δ – величина зазора, мм; a – коэффициент, зависящий от температуры литьевой формы; T_ϕ – температура литьевой формы, °С; v – коэффициент, зависящий от давления литья; P_l – давление литья, МПа; c – коэффициент, зависящий от температуры расплава и ПТР; T_p – температура расплава, °С; ПТР – показатель текучести расплава.

Значения постоянных коэффициентов a , v и c определены экспериментально. Приняв, что при $T_\phi=20^\circ\text{C}$ коэффициент $a=1$ получено уравнение вида:

$$\delta=\exp(v \times P_l + c \times T_p \times \text{ПТР}). \quad (3.2)$$

Коэффициенты v и c определены методом наименьших квадратов из уравнения 3.2 путем подставления экспериментальных данных δ и P_l для ПВХ-пластиката ПЛ-2 при $T_p=170^\circ\text{C}$ и $T_\phi=20^\circ\text{C}$. Полученный коэффициент $v=-0,0588$ является постоянным, так как давление литья для различных подошвенных композиций изменяется в одинаковых пределах.

Коэффициент c , в зависимости от T_p при фиксированном значении P_l и коэффициенте v , получен путём логарифмирования уравнения (3.2)

$$c \times T_p \times \text{ПТР} = \ln \delta - v \times P_l. \quad (3.3)$$

Результаты расчёта коэффициента c по уравнению (3.3) представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Значение коэффициента c в зависимости от температуры расплава ПВХ-пластика ПЛ-2

Давление литья, МПа	Коэффициент c при температуре расплава, °С			
	170	185	200	220
2	-1,597	-1,849	-2,090	-2,290
4	-1,597	-1,885	-2,067	-2,291
6	-1,613	-1,854	-2,055	-2,306
8	-1,650	-1,832	-2,055	-2,343
11	-1,560	-1,761	-1,880	-2,167
Среднее	-1,60	-1,840	-2,030	-2,280

Установлено, что коэффициент c слабо зависит от давления литья и пропорционален температуре расплава. Таким образом, зависимость между коэффициентом c и T_p с достаточной точностью можно выразить линейной функцией $c=a'T_p+v'$. Применяв способ выравнивания прямыми (при котором необходимым и достаточным является условие $\Delta c_i/\Delta T_{pi}=\text{const}$) получено уравнение

$$c=-0,013T_p+0,672. \quad (3.4)$$

Учитывая, что показатель текучести расплава имеет фиксированное значение для каждого полимера, получена зависимость коэффициента c от температуры расплава с учетом ПТР

$$c=-0,00065T_p \times \text{ПТР}+0,672. \quad (3.5)$$

Зависимость коэффициента a от T_ϕ , полученной экспериментальным путем, определена по уравнению (3.1). Результаты расчета значений коэффициента a представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Значения коэффициента a в зависимости от температуры литьевой формы

Температура пресс-формы, °С	Коэффициент a при температуре расплава, °С				
	170	185	200	220	Среднее значение
40	0,98	0,89	0,88	0,86	0,9
60	0,87	0,82	0,87	0,79	0,84

Из таблицы 3.3 следует, что с повышением T_ϕ коэффициент a уменьшается и в исследуемом интервале температур литьевой формы это

изменение имеет линейный характер. Обработав результаты аналогичным методом, как для коэффициента c , получено уравнение:

$$a = -0,004T_{\phi} + 1,07. \quad (3.6)$$

Таким образом, рассчитав коэффициенты a , b и c получили следующее эмпирическое уравнение

$$\delta = (-0,004T_{\phi} + 1,07) \exp[-0,0588P_{л} + (-0,00065T_{p} \text{ ПТР} + 0,672)]. \quad (3.7)$$

Расчёт по уравнению (3.7) минимальной величины зазора, в который способен проникать расплав полимера при любых параметрах литья, даёт вполне удовлетворительные результаты.

Сопоставление значений величины зазора полученных экспериментальным путём, со значениями, рассчитанными по уравнению (3.7) показало, что расхождение результатов не превышает 11% (рисунок 3.8).

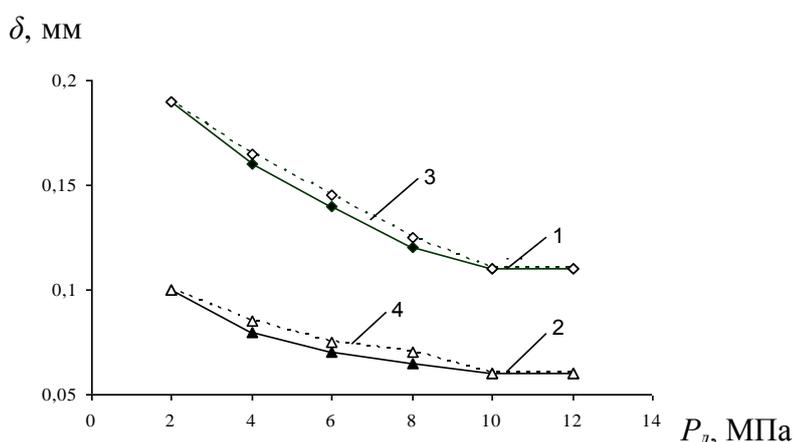


Рисунок 3.8 – Минимальная величина зазора для ПВХ-пластиката ПЛ-2, полученная экспериментальным (сплошная линия) и расчетным (пунктирная линия) путем в зависимости от давления литья:

1 и 3 – при $T_p=170^\circ\text{C}$, $T_{\phi}=20^\circ\text{C}$; 2 и 4 – при $T_p=220^\circ\text{C}$, $T_{\phi}=20^\circ\text{C}$.

Следовательно, применение уравнения (3.7) позволяет определить величину минимального зазора при различных режимах литья без проведения многочисленных экспериментов. Однако применение эмпирических формул не следует рассматривать как универсальный, единственно целесообразный метод, так как формула даёт обычно более грубые значения функций и для получения данных требуются расчёты. Более наглядно проникающую способность подошвенных композиций от параметров литья характеризует графическое изображение.

Влияние технологических режимов литья на появление выпрессовок является многофакторной задачей. Решение таких задач наиболее эффективно при применении математических методов планирования и анализа

эксперимента [103, 143]. Эти методы не только сокращают количество проводимых опытов, дают качественные данные о вкладе каждого фактора на исследуемый параметр и о взаимодействии факторов, но и позволяют представить результаты анализа в виде наглядных геометрических образов.

Исследуемым параметром является величина зазора δ , которую определяли на литьевом стенде с экспериментальной литьевой колодкой.

Из проведенных исследований по определению проникающей способности различных подошвенных композиций в зависимости от режимов литья, следует, что наиболее мощными факторами появления выпрессовок являются температура расплава T_p и давление литья P_l , в меньшей степени температура литьевой формы T_ϕ . Необходимо еще раз отметить, что для получения наиболее полной закономерности исследуемой величины зазора δ от режимов литья, фактор T_p варьировали в диапазоне 150-220°C, T_ϕ – в диапазоне 20-60°C, давление литья P_l в наших исследованиях изменяли в интервале 2-24 МПа. Диапазон и уровни варьирования факторов T_p , P_l и T_ϕ приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Диапазон и уровни варьирования факторов

Уровень варьирования фактора	Фактор		
	$T_p, ^\circ\text{C} (X_1)$	$P_l, \text{МПа} (X_2)$	$T_\phi, ^\circ\text{C} (X_3)$
+1,682	220	24	45
+1	205,8	19,5	38,9
0	185	13	30
-1	164,2	6,5	21,1
-1,682	150	2	15

После определения величины зазоров δ , полученные данные обрабатывали и анализировали на ПЭВМ с помощью программы Microsoft Excel в соответствии с матрицей планирования эксперимента второго порядка, так как предварительные эксперименты показали, что в исследуемом диапазоне варьирования факторов параметры оптимизации не описываются линейными моделями. При этом рассчитаны коэффициенты регрессии, доверительные интервалы варьирования коэффициентов, проверена их значимость и адекватность моделей и получены уравнения регрессии [103]. Эти уравнения имеют вид:

-для монолитного ПВХ-пластиката ПЛ-2

$$Y=0,128-0,064X_1-0,039X_2-0,03X_3+0,0035X_1X_2+0,0047X_1X_3+0,025X_1^2+0,01 X_2^2; \quad (3.8)$$

-для термоэластопласта 2S/63/120

$$Y=0,151-0,02X_1-0,036X_2-0,011X_3-0,01X_1X_2+0,001X_1X_3-0,0059X_2X_3+0,014X_2^2. \quad (3.9)$$

Для большей наглядности и удобства практического использования, уравнения регрессии представлены в именованных величинах, которые имеют вид:

-для монолитного ПВХ-пластиката ПЛ-2

$$\delta=3,0972-0,0256T_p-0,0169P_l-0,0081T_\phi+0,000026T_pP_l+0,000025T_pT_\phi+0,000058T_p^2+0,00024P_l^2; \quad (3.10)$$

-для термоэластопласта 2S/63/120

$$\delta=0,5335-0,00139T_p-0,0142P_l-0,00124T_\phi+0,0000012T_p^2+0,000331P_l^2. \quad (3.11)$$

По уравнениям (3.8)-(3.11) можно расчетным путем определить величину зазора δ , при котором исключено появления выпрессовок при различных сочетаниях рассматриваемых факторов. Для более детального качественного и количественного анализа полученных математических моделей построены геометрические образы зависимостей с помощью прикладного программного пакета «Maple-6».

Кривые проникающей способности монолитных ПВХ-пластиката и термоэластопласта при равной величине зазора в зависимости от исследуемых факторов, представлены на рисунке 3.9.

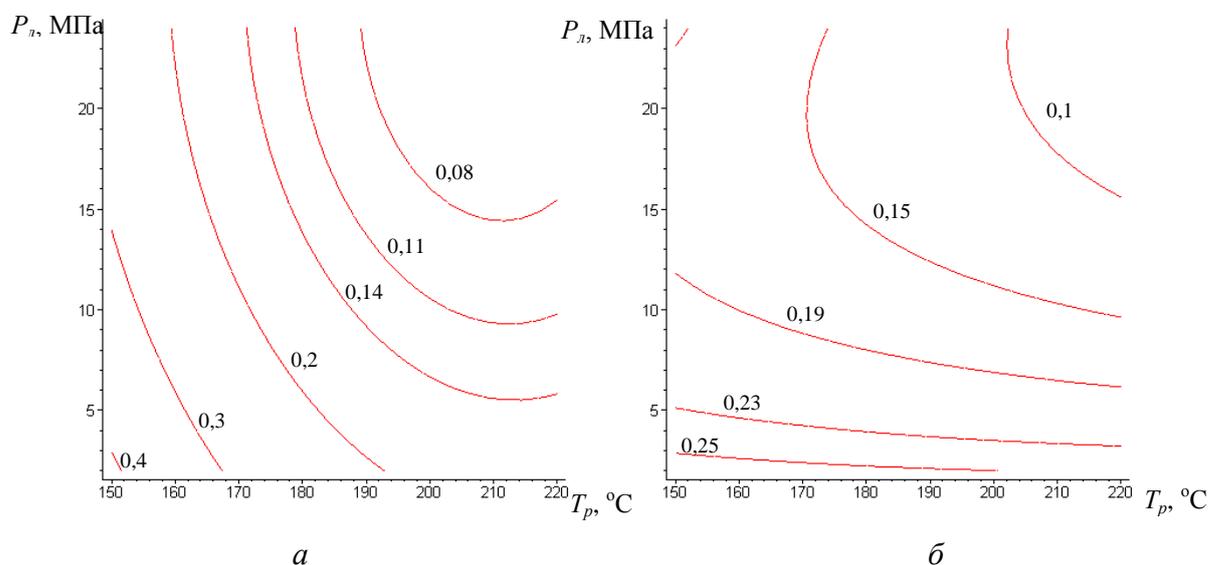


Рисунок 3.9 – Кривые равной величины зазора δ для ПВХ-пластиката ПЛ-2 (а) и термоэластопласта 2S/63/120 (б) в функции температуры расплава T_p и давления литья P_l при температуре литьевой формы $T_\phi=30^\circ\text{C}$. Цифры у кривых – значения величины зазоров δ , мм.

Кривые равной величины зазора свидетельствуют о взаимосвязи температуры расплава и давлении литья, которые, однако, по-разному влияют на параметр оптимизации различных подошвенных композиций. По этим кривым можно прогнозировать появление выпрессовок и соответственно выбирать режимы прямого литья низа на обувь, исключаяющие их появление. При этом заметим, что для ПВХ-пластиката вероятность образования выпрессовок минимальна при температуре расплава $150-180^\circ\text{C}$. Интересно отметить, что в этом диапазоне температур расплава подошвенной композиции давление литья оказывает несущественное влияние на его проникающую

способность. Для подошвенной композиции на основе термоэластопласта прослеживается несколько иная зависимость, т.е. её проникающая способность возрастает с повышением давления литья

Более наглядно взаимосвязь факторов на проникающую способность подошвенных композиций иллюстрируется поверхностью равной величины зазора, представленной на рисунке 3.10.

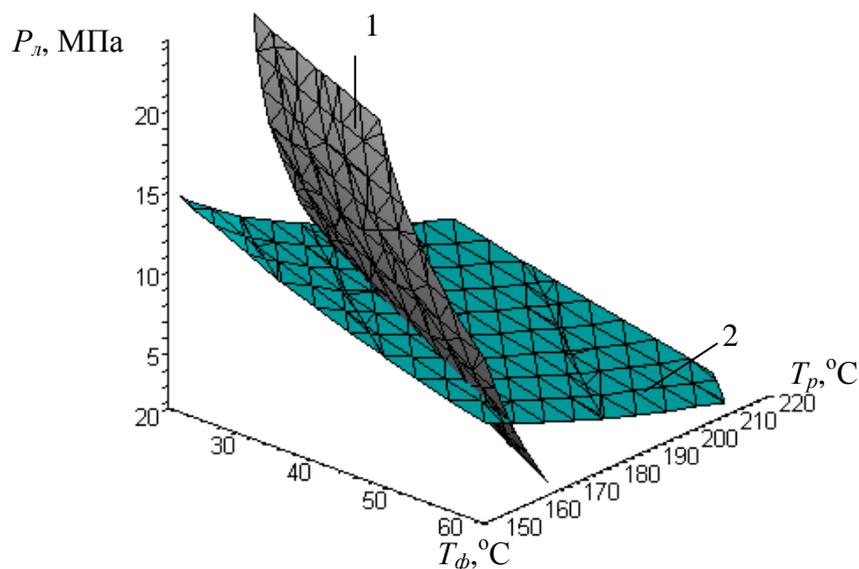


Рисунок 3.10 – Поверхности равной величины зазора ($\delta=0,19$ мм) при литье ПВХ-пластиката ПЛ-2 (1) и термоэластопласта 2S/63/120 (2) в функции $P_{л}$, T_p и T_{ϕ} .

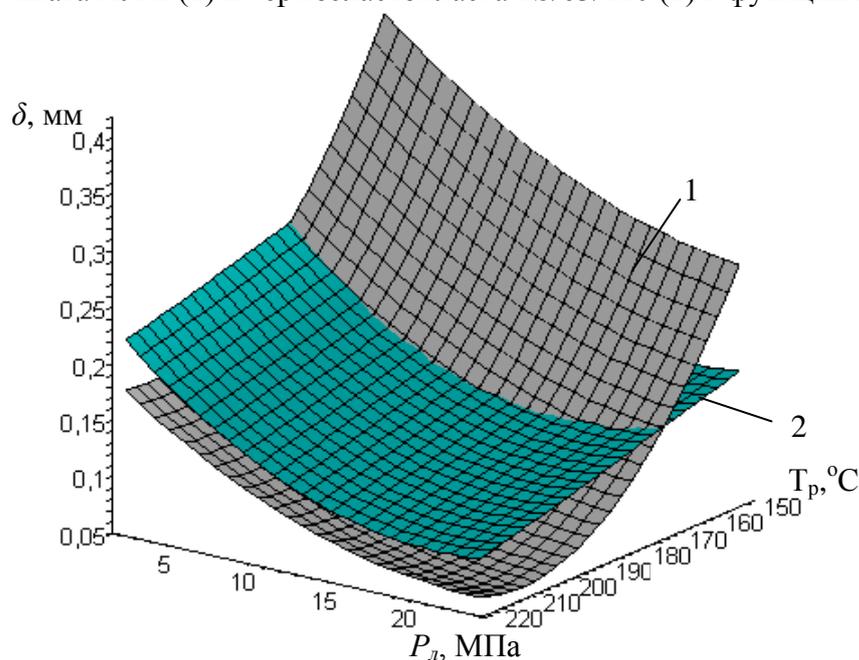


Рисунок 3.11 – Зависимость минимального зазора δ появления выпрессовок при литье ПВХ-пластиката ПЛ-2 (1) и термоэластопласта 2S/63/120 (2) от T_p и $P_{л}$ при $T_{\phi}=30^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, с позиций регулирования технологических параметров литья для предотвращения выпрессовок, целесообразно для ПВХ-пластиков

регулировать температуру расплава, снижая ее до 180°C, а для термоэластопластов – давление литья, которое не должно превышать 10 МПа.

Обобщенная картина влияния температуры расплава и давления литья на величину зазора δ при фиксированной температуре литьевой формы представлена на рисунке 3.11.

Полученные данные свидетельствуют о том, что с повышением температуры расплава и давления литья величина зазора, в который способен проникать расплав полимера уменьшается, то есть увеличивается проникающая способность подошвенной композиции. Из рисунка 3.10 следует, что более высокая проникающая способность характерна для термоэластопластов при более низких температурах расплава, т.е. в интервале 150-180°C, для ПВХ-пластиков – при более высоких, что объясняется их рецептурным составом и изменением вязкостных свойств при изменении температуры.

3.3 Пути предотвращения выпрессовок

Как отмечено выше, появление выпрессовок обусловлено не только технологическими режимами литья, но и колебаниями толщины пакета материалов заготовок верха обуви, наличием швов и утолщений в плоскости смыкания губок полуматриц, неточностями установки заготовки на литьевой колодке относительно полуматриц [71]. Если влияние последнего фактора можно свести к минимуму тщательной регулировкой положения заготовки верха на колодке, то колебание толщины пакета материалов заготовок верха устранить весьма затруднительно. К тому же в настоящее время отсутствуют количественные данные о допустимой разнотолщинности материалов заготовки по линии смыкания полуматриц, поэтому восполнение этого пробела являлось одной из задач авторов монографии. Следует отметить, что величину зазора, в который способен проникать расплав подошвенной композиции можно частично компенсировать за счет сжатия материала верха губками полуматриц, а для этой компенсации необходимо исследовать сжимаемость материалов верха.

При изготовлении обуви материалы верха испытывают различного вида деформации на растяжение, сжатие, изгиб. Как известно, при изготовлении обуви литьевого метода крепления материал испытывает деформацию растяжения при формовании заготовки верха на раздвижной литьевой колодке, деформацию сжатия – по линии смыкания полуматриц литьевой формы. При этом неправильно подобранные материалы верха могут привести к разрыву заготовки верха при ее формовании, либо к разрубу, просеканию – при смыкании литьевой формы.

Следует отметить, что деформационные свойства материалов верха в процессе формования заготовок верха исследованы достаточно полно [53, 72-74], а при сжатии полуматрицами практически не изучены.

Сложность определения сжимаемости и сминаемости материалов объясняется следующими факторами:

- применением широкого ассортимента материалов верха обуви, обладающих различными физико-механическими свойствами;
- отсутствием достоверных данных об уменьшении толщины материалов заготовки верха в процессе воздействия на них усилий при формовании и смыкании полуматриц литьевой формы.

Для разработки путей предотвращения выпрессовок, необходимы данные о деформационных свойствах материалов верха обуви при сжатии губками полуматриц. Установлено [64, 75], что между деформационными свойствами материалов верха и технологическими процессами изготовления обуви существует взаимосвязь: исходными свойствами материала определяются границы его технологической пригодности, которые сужаются или расширяются с изменением параметров процессов.

Для деталей верха обуви могут применяться различные материалы, поэтому исследованы характеристики сжатия натуральной кожи с лицевым покрытием и без него, искусственной кожи, текстильных дублированных материалов, позволяющих исключить применение подкладки.

В соответствии с общепринятой технологией изготовления обуви, заготовка верха содержит наружные, внутренние и промежуточные детали. Поэтому авторами проведены эксперименты как на материалах верха в отдельности, так и на пакетах материалов заготовки верха обуви. Поскольку состав пакетов материалов верха не одинаков в различных частях обуви, то исследованы образцы, моделирующие пакеты материалов в носочной, геленочной и пяточной частях заготовки верха. Для получения пакета материалов верха наружные детали дублированы межподкладкой и подкладкой, а для моделирования носочной и пяточной частей заготовки верха в носочной и пяточной частях использованы подносок и задник соответственно.

Перечень материалов, составляющих пакет заготовок верха, приведен в таблицах 3.4 и 3.5.

Таблица 3.4 – Пакеты материалов заготовки верха обуви из натуральной кожи

Часть обуви	Деталь обуви	Материал	Стандарт на материал
Носочная	носок или союзка	яловка*, полужонок хромового дубления	ГОСТ 939-88
		яловка эластичная хромового дубления	ТУ 17-06-113-85
		кожа из бахтормянного спилка	ГОСТ 1838-83
	межподкладка	термопластичный материал	ТУ 17-21-516-84
	подносок	термопластичный материал	ТУ 17-21-592-87
	подкладка	тик-саржа	ГОСТ Р50376-92

Продолжение таблицы 3.4

Геленочная	берец	яловка*, полукожник хромового дубления	ГОСТ 939-88
		яловка эластичная хромового дубления	ТУ 17-06-113-85
		кожа из бахтормянного спилка	ГОСТ 1838-83
	межподкладка	термопластичный материал	ТУ 17-21-516-84
	подкладка	тик-саржа	ГОСТ Р50376-92
Пяточная	задинка	яловка*, полукожник хромового дубления	ГОСТ 939-88
		яловка эластичная хромового дубления	ТУ 17-06-113-85
		кожа из бахтормянного спилка	ГОСТ 1838-83
	межподкладка	термопластичный материал	ТУ 17-21-516-84
	задник	термопластичный материал	ТУ 17-21-593-87
	подкладка	кожа подкладочная	ГОСТ 940-81

Примечание:* – материал, детали из которого не дублируются межподкладкой.

Таблица 3.5 – Пакеты заготовок верха обуви из искусственной кожи и текстильных материалов

Часть обуви	Деталь обуви	Материал	Стандарт на материал
Носочная	носок или союзка	искусственная кожа	ТУ 17-21-384-84
		дублированный материал	ГОСТ Р50376-92
	подносок	термопластичный материал	ТУ 17-21-592-87
	подкладка	тик-саржа	ГОСТ Р50376-92
Геленочная	берец	искусственная кожа	ТУ 17-21-384-84
		дублированный материал	ГОСТ Р50376-92
	подкладка	тик-саржа	ГОСТ Р50376-92
Пяточная	задинки	искусственная кожа	ТУ 17-21-384-84
		дублированный материал	ГОСТ Р50376-92
	задник	термопластичный материал	ТУ 17-21-593-87
	подкладка	кожа подкладочная	ГОСТ 940-81

Деформацию сжатия материалов верха обуви определяли на экспериментальной установке, позволяющей моделировать условия замыкания губок полуматриц на заготовке верха обуви (рисунок 3.5).

Сжатие материалов верха осуществляли на 50-70% от их первоначальной толщины до появления на поверхности следов разрушения [53], которые оценивали визуально с помощью увеличительной линзы.

Для проведения эксперимента из выбранных материалов верха обуви подготовлены образцы размером 20×40 мм. Ширина образца обусловлена

шириной рабочей части экспериментальной установки, а также оптимальной прочностью кожи, зависящей от длины пучков волокон [64]; длина образца – удобством проведения эксперимента.

На первом этапе эксперимента измеряли толщину образцов с помощью толщиномера ТР 25-100М с точностью до 0,05 мм и находили среднее значение толщины.

На втором этапе определяли деформацию сжатия материалов или пакета материалов. Величину сжатия образцов, закрепленных на цилиндрической поверхности установки, измеряли перемещением ползуна с помощью устройства регулирования зазора, имеющего шкалу с ценой деления 0,01 мм.

После достижения величины сжатия до 50-70% от первоначальной толщины, на основании осмотра следов на поверхности образцов от губок полуматриц, определяли допустимую деформацию сжатия данного вида материала или пакета материалов. Лицевой слой образцов оценивали сразу после сжатия и через 1 час.

Из литературных источников [64] известно, что деформационные свойства кожи при сжатии не зависят от топографического участка исследуемого образца, поэтому полную деформацию определяли, не подвергая образцы предварительному растяжению и сжатию.

Деформацию сжатия определяли как отношение уменьшения толщины материала в процессе сжатия к его первоначальной толщине по формуле

$$D=(t'/t_0) \times 100, \quad (3.12)$$

где D – деформация сжатия материала, %; t' – величина сжатия материала, мм; t_0 – первоначальная толщина материала, мм.

Значения полной деформации материалов заготовки верха приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Деформация сжатия материалов верха обуви

Вид материала		Толщина до сжатия, мм	Величина сжатия, мм	Полная деформация материала, %	
Яловка хромового дубления	материал	2,10-2,17	0,75-0,81	35,4-37,3	
	пакет материалов	нос. часть	3,64-3,70	1,47-1,58	40,3-42,7
		гел. часть	2,65-2,82	0,95-1,04	34,9-36,9
		пят. часть	3,85-3,93	1,48-1,57	39,5-41,3
Яловка	материал	1,47-1,50	0,64-0,68	43,3-45,3	
эластичная хромового дубления	пакет материалов	нос. часть	3,20-3,35	1,56-1,65	48,8-50,6
		гел. часть	2,19-2,23	0,92-0,98	41,8-44,3
		пят. часть	3,52-3,57	1,74-1,79	49,4-50,7
Полукожник хромового дубления	материал	1,43-1,52	0,57-0,69	39,9-45,6	
	пакет материалов	нос. часть	3,15-3,22	1,41-1,52	44,1-45,6
		гел. часть	2,15-2,20	0,86-0,93	39,6-42,3
		пят. часть	3,50-3,57	1,63-1,73	46,6-48,5

Продолжение таблица 3.6

Кожа из бахтормянного спилка	материал		0,91-0,96	0,52-0,58	55,9-59,8
	пакет материалов	нос. часть	2,68-2,78	1,56-1,65	58,4-60,0
		гел. часть	1,60-1,65	0,89-0,95	54,9-57,6
		пят. часть	2,90-2,98	1,54-1,64	53,1-54,6
Искусственная кожа	материал		0,95-0,97	0,61-0,68	64,2-70,1
	пакет материалов	нос. часть	2,67-2,73	1,55-1,64	58,1-60,1
		гел. часть	1,60-1,63	0,95-1,02	59,4-62,6
		пят. часть	2,90-2,92	1,60-1,69	55,2-57,9
Дублированная ткань №1	материал		1,18-1,20	0,49-0,54	41,5-45,8
	пакет материалов	нос. часть	2,85-2,87	1,55-1,64	54,2-56,9
		гел. часть	1,83-1,87	0,95-1,02	51,9-55,1
		пят. часть	2,98-3,05	1,49-1,58	49,7-51,8
Дублированная ткань №2	материал		1,58-1,63	0,86-0,91	54,3-55,8
	пакет материалов	нос. часть	3,20-3,25	1,74-1,79	53,9-55,9
		гел. часть	3,40-3,57	1,13-1,23	51,8-55,9
		пят. часть	1,41-1,49	1,77-1,82	50,3-51,7

Из таблицы 3.6 следует, что полная деформация натуральной кожи, приводящая к появлению следов от губок полуматриц, увеличивается с уменьшением толщины материала. Средняя деформация оказалась практически равной для полукожника и яловки эластичной хромового дубления с лицевым покрытием, что объясняется малым различием в толщине и строении этих видов кожи. У кожи из бахтормянного спилка наблюдается увеличение средней деформации на 12-13%, что можно объяснить нарушением ориентации волокон в процессе обработки лицевой поверхности материала. У яловки хромового дубления оказалась наименьшая деформация из всех представленных кожевенных материалов, так как она имеет максимальную толщину и плотную структуру, характеризующуюся извилистостью и петлистостью пучков, которые труднее подвергаются сжатию.

У текстильных материалов прослеживается увеличение деформации с повышением толщины и её уменьшение, с увеличением поверхностной плотности материала.

Искусственная кожа имеет наибольшую деформацию из всех исследованных материалов, что объясняется ее строением: трикотажной основой и эластичным полимерным покрытием.

Анализ деформаций пакетов материалов верха показал аналогичную связь толщины материала с деформацией сжатия, что и для материалов верха обуви.

Таким образом, для кожевенных материалов деформация сжатия до появления следов разрушения составляет в среднем 40-55%. Еще раз отметим, что этот показатель в значительной мере зависит от толщины и структуры материала: чем толще и плотнее материал, тем меньше величина деформации сжатия.

Деформация сжатия текстильных и искусственных материалов изменяется в более широких пределах, чем кожевенных материалов и составляет для рыхлых материалов 60%, для плотных – около 120% [53].

Для изготовления обуви с высокими эстетическими и эксплуатационными свойствами, материал заготовки верха обуви не рекомендуется сжимать до установленной экспериментом допустимой деформации, чтобы избежать повреждения лицевого слоя.

С целью предотвращения повреждения заготовки верха по линии смыкания губок полуматриц, в литьевой форме между контактирующими поверхностями губок полуматриц и боковой поверхностью литьевой колодки предусматривается зазор, рассчитанный на толщину сжатого материала заготовки верха обуви. Поэтому вероятность появления выпрессовок при прямом литье низа на обувь, в значительной мере зависит от того, насколько точно указанный зазор соответствует толщине пакета материалов верха с учетом деформационных свойств материала при сжатии.

Имея данные о величине деформации сжатия D для различных материалов верха, определено допустимое колебание толщины пакета материалов верха при прямом литье низа на обувь с учетом величины зазора δ .

Постановка такой задачи иллюстрируется расчетной схемой, представленной на рисунке 3.12.

Максимальная толщина материала (пакетов материалов) составляет

$$t_{max} = (t_0 + e_s) + \delta, \quad (3.13)$$

где t_0 – первоначальная толщина материала, мм; e_s – верхнее отклонение первоначальной толщины материала, мм; δ – величина минимального зазора между заготовкой верха и губками полуматриц, мм.

Минимальная толщина материала после сжатия составляет

$$t_{l\ min} = (t_0 - e_i) - \varepsilon * (t_0 - e_i), \quad (3.14)$$

где e_i – нижнее отклонение первоначальной толщины материала, мм; ε – коэффициент сжатия материала.

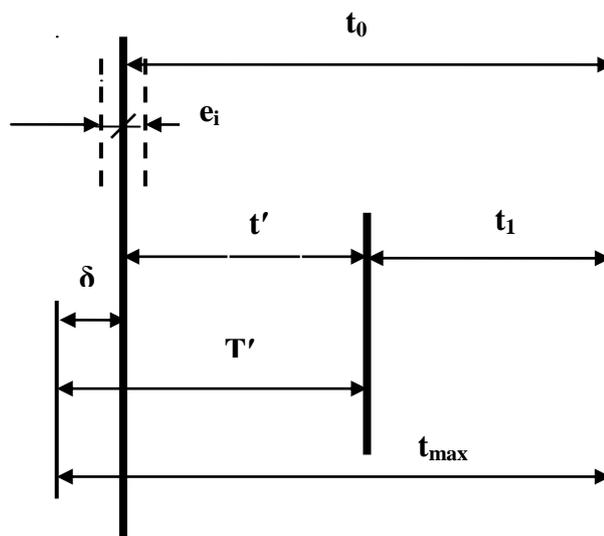


Рисунок 3.12 – Схема сжатия материала верха губками полуматриц
 t_0 – первоначальная толщина материала; t_1 – толщина материала после сжатия;
 t' – величина сжатия; t_{max} – максимальная толщина материала; e_s и e_i – верхнее и нижнее отклонения первоначальной толщины материала; δ – величина зазора между заготовкой верха и губками полуматриц; T' – ход губок полуматриц с учетом величины зазора.

Верхнее e_s и нижнее e_i отклонения первоначальной толщины материала рассчитываются по формуле [61]

$$\begin{aligned} e_s &= t_{1Emin} - t_{1cp} \\ e_i &= t_{1Emax} - t_{1cp}, \end{aligned} \quad (3.15)$$

где t_{1Emin} , t_{1Emax} – первоначальная толщина материала (сжатого материала) при минимальной, максимальной, деформации, мм; t_{1cp} – средняя первоначальная толщина материала (сжатого материала), мм.

Соответственно величина сжатия материала T' с учетом величины зазора δ имеет вид

$$T' = t_{max} - t_{1min}, \text{ или } T' = \varepsilon \times (t_0 \pm t) + \delta, \quad (3.16)$$

где t – поле допуска толщины материала ($t = e_s + e_i$), мм.

Сопоставление величины сжатия материалов T' , полученной экспериментально и рассчитанной по формуле (3.16) представлено в таблице 3.7, величины сжатия пакетов материалов – в таблице 3.8.

Таблица 3.7 – Сопоставление экспериментальной и расчетной величины сжатия материалов

Материал	Средняя толщина до сжатия, мм	Средняя экспериментальная величина сжатия, мм	Средняя экспериментальная деформация материала, %	Расчетная величина сжатия, мм	Средняя расчетная деформация материала, %
	t_0	t'	Д	Т'	Д'
Яловка хромового дубления	2,14	0,78	36,56	0,83	38,81
Полукожник хромового дубления	1,48	0,65	43,41	0,72	48,41
Яловка эластичная хромового дубления	1,49	0,66	44,02	0,74	49,90
Кожа из бахтормянного спилка	0,94	0,54	57,98	0,61	64,72
Искусственная кожа	0,96	0,64	66,72	0,73	76,41
Дублированная ткань №1	1,18	0,51	43,41	0,61	51,74
Дублированная ткань №2	1,60	0,88	54,93	0,94	59,03

Таблица 3.8 – Сопоставление экспериментальной и расчетной величины сжатия пакета материалов заготовки верха обуви

Материал верха	Часть обуви	Средняя толщина до сжатия, мм	Средняя экспериментальная величина сжатия, мм	Средняя экспериментальная деформация материала, %	Расчетная величина сжатия, мм	Средняя расчетная деформация материала, %
		t_0	t'	Д	Т'	Д'
1	2	3	4	5	6	7
Яловка хромового дубления	носочная	3,67	1,53	41,60	1,60	43,69
	геленочная	2,74	0,99	35,98	1,03	37,50
	пяточная	3,89	1,54	40,10	1,61	41,48
Полукожник хромового дубления	носочная	3,19	1,45	45,27	1,49	47,28
	геленочная	2,18	0,89	40,80	0,97	44,57
	пяточная	3,54	1,68	47,39	1,72	48,49
Яловка эластичная хромового дубления	носочная	3,22	1,60	49,40	1,69	51,29
	геленочная	1,21	0,96	43,43	1,05	47,37
	пяточная	3,55	1,78	50,08	1,84	51,93

Продолжение таблицы 3.8

Кожа из бахтормянного спилка	носочная	2,71	1,60	58,97	1,65	60,76
	пяточная	2,94	1,60	54,87	1,63	55,53
Искусственная кожа	носочная	2,69	1,59	58,67	1,64	61,06
	геленочная	1,61	0,98	60,86	1,06	65,94
	пяточная	2,91	1,66	56,91	1,75	60,05
Дублированная ткань №1	носочная	2,87	1,58	55,20	1,67	58,01
	геленочная	1,85	0,99	53,51	1,09	59,11
	пяточная	3,01	1,53	50,69	1,59	52,94
Дублированная ткань №2	носочная	3,22	1,77	54,92	1,85	57,47
	геленочная	2,19	1,18	53,92	1,27	58,06
	пяточная	3,53	1,80	50,93	1,89	52,64

С учетом полученных данных о величине зазора между заготовкой верха обуви и губками полуматриц литьевой формы и деформации материалов верха, вероятность образования выпрессовок минимальна:

- для ПВХ-пластиков при величине зазора менее 0,08-0,19 мм, что обеспечивается в интервале температур расплава от 150 до 180°С при давлении литья выше 6 МПа;

- для термоэластопластов при величине зазора менее 0,10-0,23 мм, что обеспечивается при температуре расплава выше 180°С и давлении литья до 10 МПа.

При этом деформация сжатия материалов верха губками полуматриц не должна превышать 42-57%.

Таким образом, образование выпрессовок зависит от деформации сжатия материалов верха, т.е. чем плотнее материал или пакет материалов верха, тем меньше его деформация и тем более точно необходимо подбирать технологические режимы литьевого формования низа.

4 ФОРМИРОВАНИЕ АДГЕЗИОННОГО КОНТАКТА И ПРОЧНОСТЬ ЛИТЬЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Известно, что состояние поверхности материалов клеевых соединений существенно влияет на прочность их адгезионного крепления [24, 32]. В литевых соединениях при условии удовлетворительной специфической адгезии этот фактор имеет еще более важное значение, поскольку при прямом литье полимер затекает в неплотности, щели, поры материалов верха и образует механическую адгезионную связь [23, 24]. При этом не только формируются механические зацепы, называемые разными авторами заклепками, муфтами, тяжами, но и увеличивается истинная площадь адгезионного контакта [76].

В этой связи следует установить закономерности процесса диффундирования полимерных расплавов в капиллярно-пористую структуру материалов верха обуви и определить взаимосвязь параметров этого процесса с показателями прочности литевых соединений.

4.1 Математическая модель диффундирования полимерных расплавов в структуру материалов верха обуви

Проникновение (диффундирование) расплава в капиллярно-пористую структуру материала верха начинается с момента заполнения формы и завершается, в основном, с окончанием выдержки под давлением. Строго говоря, этот процесс может продолжаться и в период выдержки формуемого низа без давления, когда в закрытой полости литевой формы имеется избыточное давление, а полимер еще не потерял текучесть при охлаждении.

Степень проникновения полимерного материала зависит от типа пор (сквозные, тупиковые), их размеров и формы. В кожаных материалах поры распределены неравномерно по площади, имеют различные размеры (микрокапилляры, макрокапилляры, дефекты поверхности). Более однородна структура обувных тканей, однако и в них имеются различные по форме и размерам межниточные щели и поры.

С другой стороны, процесс диффундирования расплава в материал определяется параметрами прямого литья: скоростью заполнения формы, давлением литья, температурой расплава и, следовательно, его вязкостью и др. Закономерности изменения этих параметров известны из экспериментальных и теоретических исследований [77-79].

Очевидно, что задача математического описания процесса диффундирования расплава в структуру материалов верха может быть решена при упрощающих реальную картину допущениях [80].

Будем считать, что коэффициент диффузии – известная функция от времени процесса $D=f(t)$, а материал верха изотропен и имеет равномерное распределение пор.

Полагаем, что в начальный момент процесса диффундирования ($t=0$) контакт расплава подошвенной композиции с материалом верха

осуществляется по плоскости, а последующая диффузия расплава происходит по нормали к этой плоскости. Допустим также, что за время процесса в материал верха диффундирует известный объем расплава. Этот объем может быть определен, исходя из показателей пористости кожи или объемного заполнения тканей. Тогда, зная площадь S поверхности контакта расплава с материалом верха, будет известна толщина h слоя полимера, диффундировавшего в структуру материала.

Считаем также, что по окончании процесса ($t=t_k$) плотность полимера в капиллярно-пористой структуре материала верха изменяется от ρ_0 на поверхности раздела расплава и материала верха до $\rho \rightarrow 0$ при $z \rightarrow \infty$. Полагаем также, что до начала диффундирования ($t=0$) плотность ρ_0 распределяется в материале верха скачкообразно от $\rho_0 = 1,0$ для $z=0$ до $\rho=0$ при $z>0$.

В соответствии с принятыми допущениями физическая модель исследуемого процесса представлена на рисунке 4.1.

Функции $U(z, 0)$ и $U(z, t_k)$ определяют распределение плотности диффундированного полимера соответственно в начальный момент времени (ломанная кривая 1) и по окончании процесса (кривая 2).

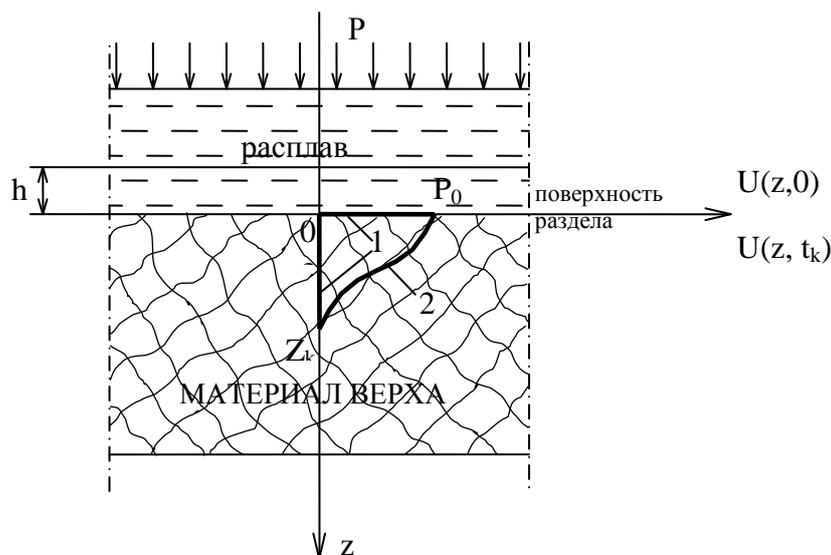


Рисунок 4.1 – Физическая модель процесса диффундирования полимерного расплава в материал верха обуви

Ступенчатое распределение плотности расплава при $t=0$ с незначительной погрешностью можно представить в виде

$$U(z,0) = \rho_0 \delta(z), \quad \delta(z) = \exp(-\lambda z), \quad \lambda \gg 1. \quad (4.1)$$

Из закона сохранения количества вещества вытекает очевидное условие

$$S \int_0^{+\infty} \int_0^{t_k} U(z, t) dz dt = Sh\rho_0,$$

или

$$\int_0^{+\infty} \int_0^{t_k} U(z, t) dz dt = hp_0, \quad z \in [0, +\infty), \quad t \in [0, t_k]. \quad (4.2)$$

Уравнение диффузии расплава в материал верха обуви имеет вид [81]:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = D(t) \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}, \quad z \in [0, +\infty), \quad t \in [0, t_k]. \quad (4.3)$$

Введя безразмерную переменную

$$\tau = \int_0^t D(t) dt / \int_0^{t_k} D(t) dt, \quad \tau \in [0, 1], \quad (4.4)$$

получим уравнение (4.3) в следующем виде:

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = a^2 \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}, \quad z \in [0, +\infty), \quad \tau \in [0, 1], \quad (4.5)$$

$$\text{где } a^2 = \int_0^{t_k} D(t) dt = \text{const.}$$

Таким образом, поставленная задача математически записывается в виде уравнения (4.5) с условиями (4.1), (4.2) и (4.4).

Ищем решение уравнения (4.5) в виде произведения функций

$$U(z, \tau) = Z(z) \cdot T(\tau).$$

После разделения переменных уравнение (4.5) представляется в виде

$$\frac{T'}{a^2 T} = \frac{Z''}{Z} = -\omega^2, \quad (4.6)$$

где ω – пока неизвестная константа, определяющая число решений поставленной задачи.

Заметим, что правая часть выражения (4.6) отрицательна в силу того, что при $\tau \rightarrow \infty$ функция $T(\tau) = \exp(-a^2 \omega^2 \tau)$ не должна возрастать до бесконечности, а быть ограниченной.

Правая часть отношения в выражении (4.6) приводится к уравнению

$$Z'' + \omega^2 Z = 0,$$

решением, которого согласно [81] является уравнение

$$Z_{\omega}(z) = A(\omega)\cos\omega z + B(\omega)\sin\omega z,$$

где $A(\omega)$ и $B(\omega)$ – пока не найденные функции.

Тогда решением уравнения (4.5) будет выражение

$$U_{\omega}(z, \tau) = \exp(-a^2\omega^2\tau) Z_{\omega}(z).$$

Если $A(\omega)$ и $B(\omega)$ абсолютно интегрируемы для $\omega \in [0, +\infty)$, то интеграл

$$U(z, \tau) = \int_0^{+\infty} U_{\omega}(z, \tau) d\omega. \quad (4.7)$$

является решением уравнения (4.5).

Справедливость найденного решения (4.7) легко проверяется дифференцированием по параметрам τ и z

$$U'_{\tau}(z, \tau) = -D \int_0^{+\infty} \omega^2 \exp(-a^2\omega^2\tau) [A(\omega)\cos\omega z + B(\omega)\sin\omega z] d\omega,$$

$$U''_{zz} = - \int_0^{+\infty} \exp(-a^2\omega^2\tau) \omega^2 [A(\omega)\cos\omega z + B(\omega)\sin\omega z] d\omega$$

и подстановкой последних в уравнение (4.5).

Следовательно, интеграл (4.7) является решением уравнения (4.5).

Используя начальное условие (4.1), получим следующие соотношения для $A(\omega)$ и $B(\omega)$ [81]:

$$A(\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{+\infty} \delta(\tilde{z}) \rho_0 \cos\omega \tilde{z} d\tilde{z},$$

$$B(\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{+\infty} \delta(\tilde{z}) \rho_0 \sin\omega \tilde{z} d\tilde{z}.$$

Тогда искомым интегралом (4.7) является функция

$$U(z, \tau) = \frac{2}{\pi} \int_0^{+\infty} \exp(-a^2\omega^2\tau) \int_0^{+\infty} \delta(\tilde{z}) \rho_0 [\cos\omega z \cos\omega \tilde{z} +$$

$$+ \sin\omega z \sin\omega \tilde{z}] d\tilde{z} = \frac{2\rho_0}{\pi} \int_0^{+\infty} \delta(\tilde{z}) d\tilde{z} \int_0^{+\infty} \exp(-a^2\omega^2\tau) \cos\omega(z - \tilde{z}) d\omega.$$

Воспользовавшись известным соотношением [82]

$$\int_0^{+\infty} \exp(-\gamma\omega^2) \cos\beta\omega d\omega = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{\gamma}} \exp\left(-\frac{\beta^2}{4\gamma}\right),$$

где γ и β – коэффициенты, вычислим внутренний интеграл

$$\int_0^{+\infty} \exp(-a^2\omega^2\tau) \cos\omega(z-\tilde{z}) d\tilde{z} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{a^2\tau}} \exp\left[-\frac{(z-\tilde{z})^2}{4a^2\tau}\right].$$

Тогда будем иметь

$$U(z, \tau) = \frac{\rho_0}{\sqrt{\pi a^2 \tau}} \int_0^{+\infty} \exp\left[-\lambda \tilde{z} - \frac{(z-\tilde{z})^2}{4a^2\tau}\right] d\tilde{z}. \quad (4.8)$$

Оценим величину $\lambda \tilde{z}$ относительно $(z-\tilde{z})^2/(4a^2\tau)$. Для этого представим выражение для показателя экспоненты в следующем виде:

$$\lambda \tilde{z} + \frac{z^2}{4a^2\tau} - 2 \frac{z\tilde{z}}{4a^2\tau} + \frac{\tilde{z}^2}{4a^2\tau}.$$

Легко заметить, что первый и третий члены этого выражения имеют одинаковый порядок относительно \tilde{z} . Положив их равными нулю, определим значение λ :

$$\lambda = 2z/4a^2\tau.$$

Тогда решение (4.8) принимает вид

$$U(z, \tau) = \frac{\rho_0}{\sqrt{\pi a^2 \tau}} \int_0^{+\infty} \exp\left(-\frac{z^2 + \tilde{z}^2}{4a^2\tau}\right) d\tilde{z}. \quad (4.9)$$

Очевидно, чтобы выражение (4.9) являлось решением поставленной задачи, необходимо, чтобы оно удовлетворяло условию (4.2) с учетом введенной переменной (4.4):

$$\int_0^1 \frac{\rho_0}{\sqrt{\pi a^2 \tau}} \int_0^{+\infty} \exp\left(-\frac{z^2 + \tilde{z}^2}{4a^2\tau}\right) d\tilde{z} dz d\tau = h\rho_0. \quad (4.10)$$

Таким образом, выражение (4.9) с условием (4.10) полностью определяет решение поставленной задачи. Проведем с его помощью качественный анализ глубины проникновения расплава в рыхлую структуру материала верха в зависимости от коэффициента диффузии D , количества диффундированного в материал расплава и времени процесса.

На рисунке 4.2 представлены результаты расчета глубины проникновения расплава при нормированном значении $\rho_0 = 1$, $D = 28 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^2/\text{с}$ в зависимости от количества, диффундированного в материал верха расплава и длительности процесса. Полученные результаты иллюстрируют качественную картину диффузии полимера в рыхлый изотропный материал и определяют параметры этого процесса.

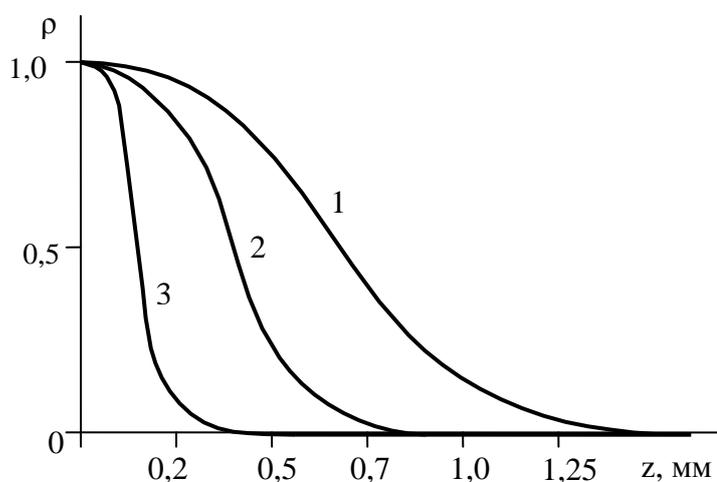


Рисунок 4.2 – Качественная картина проникновения полимера в рыхлый материал при $\rho_0 = 1$, $D = 28 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^2/\text{с}$:
 1 – $h = 0,5 \text{ мм}$, $t_g = 28 \text{ с}$; 2 – $0,3 \text{ мм}$, 10 с ; 3 – $0,1 \text{ мм}$, $1,2 \text{ с}$.

Для интерпретации полученных результатов поясним сущность параметров D , h и t_k .

Очевидно, что коэффициент диффузии D определяется текучестью расплава и величиной внешнего давления на полимер. При прямом литье текучесть полимера зависит от индекса расплава, температуры литья, падения температуры расплава в течение цикла литья вследствие теплообмена с элементами литьевой формы и материалом верха. Внешнее давление определяется в свою очередь текучестью расплава, геометрией полости формы, конструкцией литниковой системы и применяемым литьевым агрегатом.

Параметр h обусловлен размерами, формой и количеством пор в материале верха. Как было отмечено выше, этот параметр может быть определен, исходя из показателей пористости натуральных кож или объемного заполнения тканей.

Время диффундирования полимера в материал верха регламентировано длительностью этапов заполнения формы и выдержки под давлением и без давления. Этот параметр также связан с начальной температурой расплава и ее падением вследствие теплообмена полимера с элементами литьевой формы.

Таким образом, разработана математическая модель процесса диффундирования полимерного расплава в капиллярно-пористую структуру материала верха. Полученные результаты иллюстрируют качественную картину диффузии и определяют параметры этого процесса.

Отметим, что математическая модель получена при значительно упрощающих реальный процесс допущениях, поэтому она должна рассматриваться лишь как первое приближение, дающее качественную картину. Для оценки достоверности полученной качественной картины процесса диффундирования следует проанализировать реальные поверхности адгезионного контакта в литевых соединениях, которые формируются при прямом литье низа на обувь.

4.2 Параметры адгезионного контакта в литевых соединениях

Известно, что структурные характеристики обувных материалов существенно влияют на прочность литевых соединений [18, 19, 23]. В работе [23] установлены количественные и качественные характеристики проникновения расплавов резиновых смесей и ПВХ-пластикатов в ткани при производстве полимерно-текстильной обуви. Проведенные в этой работе эксперименты позволили выявить закономерности изменения прочности связи полимеров с тканями в зависимости от их толщины и поверхностного заполнения. Результаты исследований показали, что при проникновении расплава в структуру тканей образуются тяжи, которые существенно влияют на прочность сцепления полимера с тканью.

При прямом литье подошвенных композиций наверх обуви из различных материалов для большинства из них требуется нанесение клея на приливаемую поверхность. Возникает вопрос: как распределяется клеевой слой на поверхности материала верха и как взаимодействует этот слой с подошвенной композицией. Для ответа на этот вопрос проведены микроскопические исследования поперечных срезов образцов литевых соединений различных обувных материалов с подошвенными композициями

Исследование проводили на оптическом микроскопе «Биолан Р-14», снабженным фотографической насадкой. Характерные микрофотографии адгезионного контакта литевых соединений подошвенных композиций с хлопчатобумажными тканями для верха обуви представлены на рисунке 4.3. Для получения контрастной картины структуры литевого соединения с рыхлой тканью (поверхностное заполнение $E_s=62,8\%$) в клеевую композицию вводили краситель (рисунок 4.3 а).

На микрофотографии видно глубокое проникновение клея в структуру рыхлой ткани, при этом наблюдаются неравномерность толщины клеевого слоя и участки ткани без клеевого покрытия (рисунок 4.3 а). Более плотная кирза ($E=101,8\%$) пропитывается клеем в меньшей степени, и на поверхности ткани формируется клеевой слой более равномерной толщины (рисунок 4.3 б). Очевидно, что проникновение клея в поверхностную структуру тканей,

толщина и равномерность клеевого слоя на их поверхности определяются не только вязкостью клея, но и способом его нанесения, плотностью и изотропностью структуры текстильного материала. Кроме того, клеевой слой, очевидно, деформируется потоком расплава подошвенной композиции при заполнении полости формы.

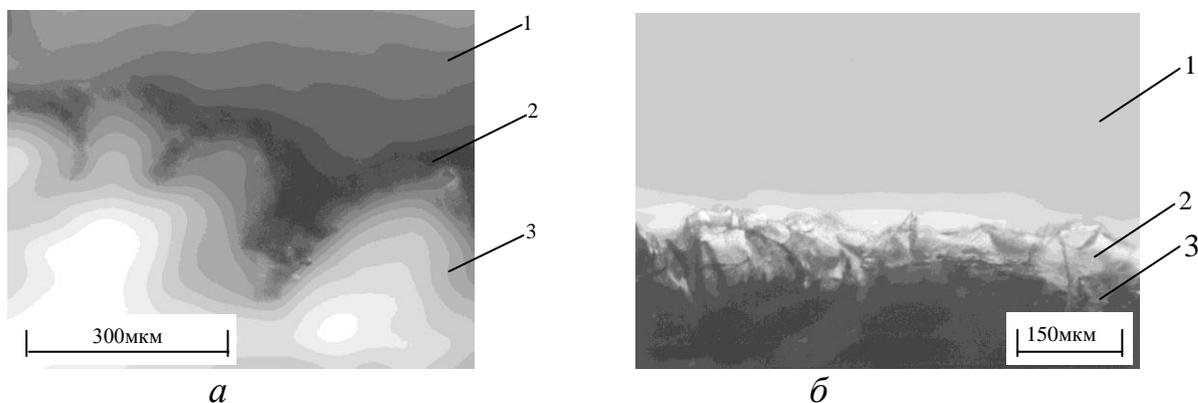


Рисунок 4.3 – Микрофотографии поперечных срезов литьевых соединений подошвенных композиций с рыхлой (а) и плотной (б) тканями:

1 – подошвенная композиция; 2 – клеевой слой; 3 – ткань

Более детально иллюстрируется область адгезионного контакта подошвенной композиции с двухслойной кирзой на поперечных срезах литьевых соединений, исследованных на электронном сканирующем микроскопе JSM-T20«Jeol». На рисунке 4.4 представлены микрофотографии поперечного среза литьевых соединений, где наблюдается клеевая композиция, проникшая между волокнами нити, а также тяжи подошвенного полимера. Таким образом, подошвенная композиция может проникать не только в рельефные полости на поверхности клеевой пленки, но внутрь поверхностной структуры тканей.

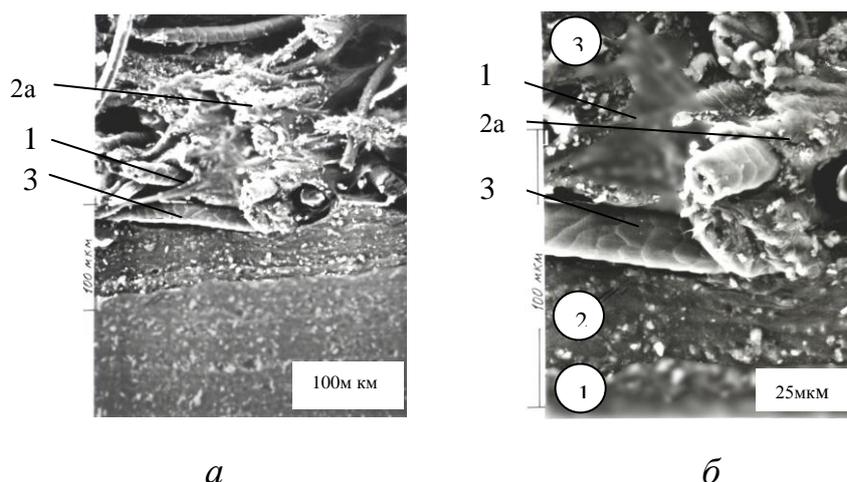


Рисунок 4.4 – Микрофотография поперечного среза литьевого соединения (а) и ее фрагмент (б):

1 – подошвенная композиция; 2 – клеевой слой; 3 – ткань; 3а – волокно нити; 2а – тяжи клея; 1а – тяжи подошвенной композиции

Такое проникновение возможно из-за не сплошного клеевого покрытия поверхности тканей, а также, вероятно, путем разрыва клеевого слоя под действием давления формования.

Картина глубокого проникновения клеевой композиции между волокнами нитей и частичного обволакивания этих волокон показана на рисунке 4.5. Эта картина схожа с характером распределения полимерного связующего при импрегнировании различных волокнистых материалов [83].

При микроскопическом анализе поперечных срезов образцов литевых соединений натуральной кожи типа велюр с подошвенной композицией также наблюдали не сплошной характер клеевого слоя. Для этой системы материалов наиболее характерна картина обволакивания клеем коллагеновых волокон поверхностного слоя кожи, при этом степень их пропитки клеем различна (рисунок 4.6).

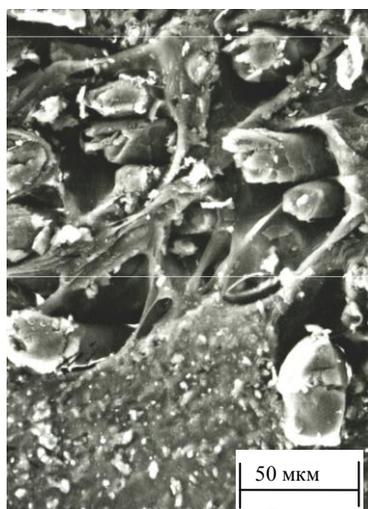


Рисунок 4.5 – Проникновение клея между волокнами нити двухслойной кирзы

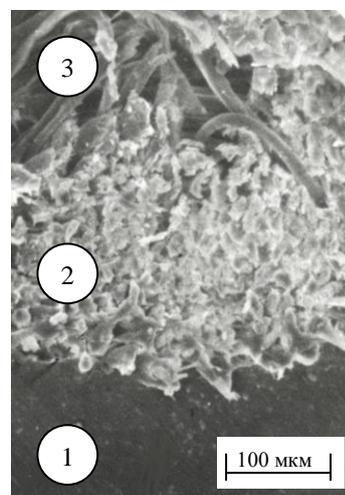


Рисунок 4.6 – Микрофотография поперечного среза литьевого соединения:
1 – подошвенная композиция; 2 – волокна поверхностного слоя, пропитанные клеем;
3 – коллагеновые волокна

Таким образом, адгезионный контакт в литевых соединениях материалов верха с подошвенными композициями происходит по сложным рельефным поверхностям. Такая конструкция литевых соединений предопределяет существенное влияние структурных характеристик материалов верха на прочность литьевого крепления, что подробно рассмотрено в нижеследующих подразделах.

Из приведенных данных следует, что в литевых соединениях роль факторов механической адгезии более существенна, чем при клеевом креплении. Для выявления закономерностей проникновения расплавов подошвенных композиций в структуру материалов верха обуви были подобраны хлопчатобумажные ткани сходной поверхностной структуры, но различающиеся по поверхностной плотности. Предварительные исследования

показали, что при прочих равных условиях глубина проникновения расплава подошвенных композиций зависит от показателя поверхностного заполнения тканей или от пористости кож [84, 85]. Эти показатели и были выбраны нами в качестве критерия поверхностной структуры материалов верха обуви. Следует, однако, отметить условность этого критерия, поскольку поверхностная структура тканей характеризуется и другими параметрами (видом переплетения, фазами строения, опорной поверхностью), а пористость кож зависит от их топографии и метода производства.

Для исследований готовились образцы литевых соединений материалов верха обуви с ПВХ-пластикатами и композициями на основе термоэластопластов. Характеристика материалов литевых соединений приведена в таблице 4.1. Литые подошвенных композиций осуществлялось при температуре расплава $T_p=180^{\circ}\text{C}$, и давлении формования $P_{\phi}=13$ МПа.

Глубина проникновения подошвенной композиции определялась по поперечным срезам образцов литевых соединений с помощью оптического микроскопа МБИ-1 при увеличении изображения в 120 раз. Линейные размеры тяжей подошвенных композиций измерялись по шкале окулярного микрометра с ценой деления 12,7 мкм.

Таблица 4.1 – Характеристика материалов литевых соединений

Материал	Поверхностное заполнение, %	Показатель текучести расплава, г/10мин
Бортовка	64	-
Тик-саржа	86	-
«Цветная»	92,4	-
Кирза двухслойная	101,8	-
«Красное полотно»	110,4	-
ПВХ-пластикат монолитный ПЛ-2 ТУ-6-05-751768-60-93	-	18,3
ПВХ-пластикат пористый ПЛП-2 ТУ-6-02-122-90	-	22,4
Термоэластопласт монолитный 2S/63/120	-	24,6
Термоэластопласт пористый 189NM7058	-	26,4

Результаты анализа представлены на рисунке 4.7, из которого прослеживается зависимость глубины проникновения h подошвенной композиции от поверхностного заполнения E_s обувных тканей. Кроме того, из полученных данных следует, что, несмотря на более высокую текучесть пористой композиции (см. таблицу 4.1), глубина ее проникновения в ткани оказалась заметно ниже. При этом доверительный интервал среднего значения параметра h превышал соответствующее значение для монолитного полимера, что свидетельствует о формировании менее стабильных характеристик механической адгезии литевых соединений пористых композиций.

Полученные данные поднимают вопрос о зависимости прочности литевых соединений от поверхностной структуры тканей. Для его разрешения

определялась прочность литевых соединений рассматриваемых систем материалов, которая оценивалась методом расслаивания образцов. Результаты этой оценки представлены на рисунке 4.8.

Из сопоставления зависимостей на рисунках 4.7 и 4.8 очевидна корреляция глубины проникновения h с прочностью литевых соединений F . При этом также четко прослеживается более низкая прочность литевых соединений пористого ПВХ-пластиката.

Следовательно, для данной системы материалов глубина проникновения является непосредственным показателем механической адгезии и прочности литевого соединения в целом. Поэтому факторы, определяющие глубину проникновения h , регулируют и прочность литевого крепления.

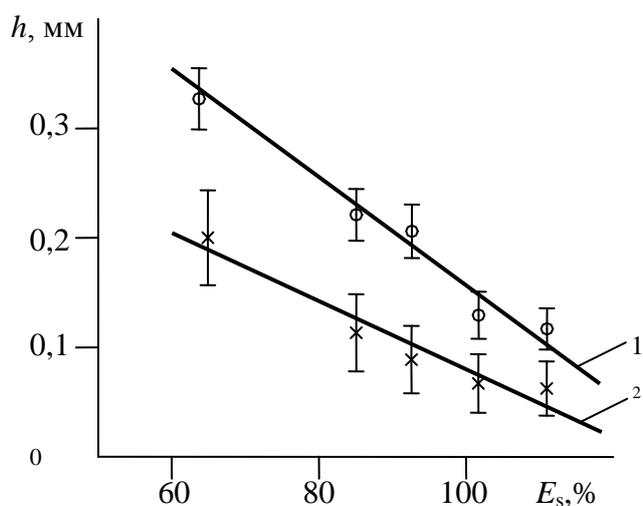


Рисунок 4.7 – Зависимость глубины проникновения h ПВХ-пластикатов ПЛ-2 (1) и ПЛП-2 (2) от поверхностного заполнения E_s тканей при $T_p=180^\circ\text{C}$, $T_\phi=20^\circ\text{C}$

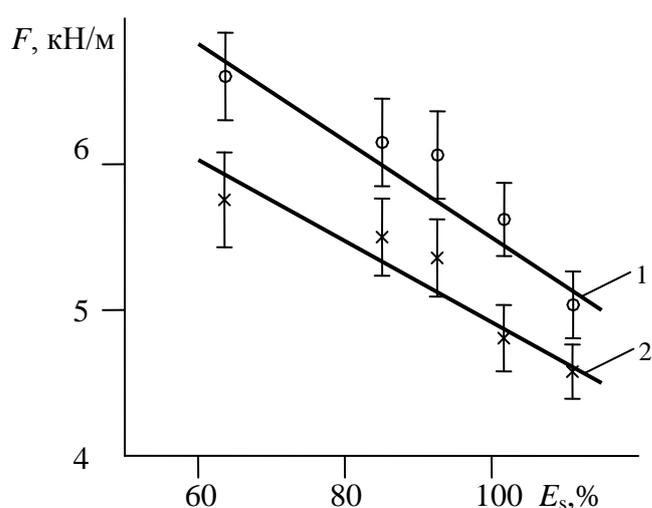


Рисунок 4.8 – Зависимость прочности литевого крепления F хлопчатобумажных тканей с ПВХ-пластикатом ПЛ-2 (1) и ПЛП-2 (2) при $T_p=180^\circ\text{C}$, $T_\phi=20^\circ\text{C}$

Рассмотрим влияние режимов прямого литья на глубину проникновения подошвенного полимера в структуру тканей. Для этого анализировалось влияние температуры расплава T_p подошвенной композиции, литьевой формы T_ϕ и давления литья P_l . При варьировании параметров режимов T_p , T_ϕ , P_l приготовление образцов литевых соединений и микроскопический анализ их поперечных срезов проводились по вышеизложенным методикам.

Результаты исследования влияния температуры расплава T_p на глубину проникновения h полимера в материалы верха при фиксированных $P_l=13 \text{ МПа}$, $T_\phi=20^\circ\text{C}$ представлены на рисунке 4.9. Из зависимостей $h=f(T_p)$ следует, что температура расплава оказывает наибольшее влияние на проникающую способность подошвенных композиций в рыхлые ткани. Для плотной кирзы, а также велюра это влияние менее значительно. Эта закономерность становится понятной, если учесть, что при проникновении в мелкие щели и капилляры полимер быстрее теряет текучесть, чем при затекании в крупные, поскольку условия передачи давления и охлаждения расплава в них различаются.

Аналогично влияние давления литья $P_{л}$ на проникновение подошвенной композиции в материалы верха, хотя это влияние менее существенно (рисунок 4.10). Интересной особенностью зависимости $h=f(P_{л})$ является незначительное влияние давления $P_{л}$ на параметр h при $P_{л}>10-15$ МПа.

При проведении экспериментов установлено, что варьирование температуры литьевой формы в диапазоне 10-30°C не оказывает заметного влияния на проникающую способность полимерных композиций, и это объясняется теплоизолирующим влиянием подложки из материалов верха.

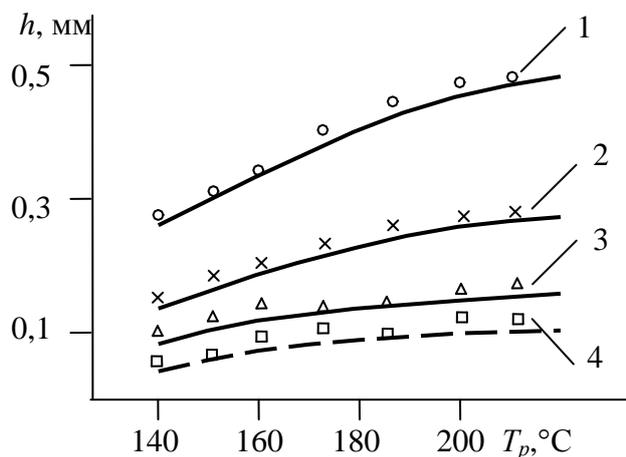


Рисунок 4.9 – Зависимость глубины проникновения h ПВХ-пластиката ПЛ-2 в структуру материалов от температуры расплава T_p при $P_{л}=13$ МПа, $T_{ф}=20^0$ С:
1 – бортовка ($E_s=64\%$); 2 – тик-саржа ($E_s=86\%$); 3 – кирза двухслойная ($E_s=101,8\%$); 4 – велюр.

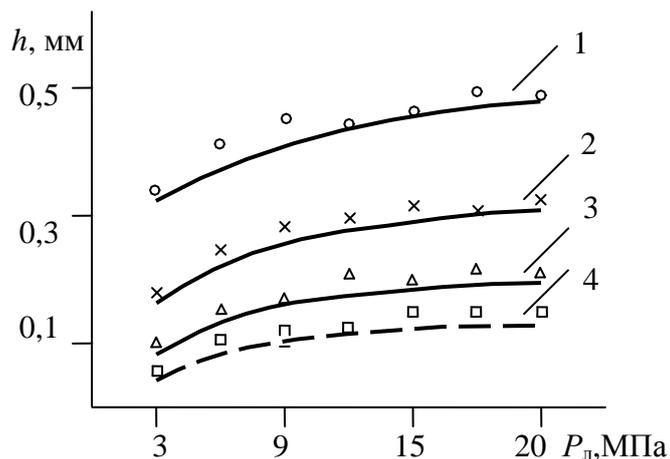
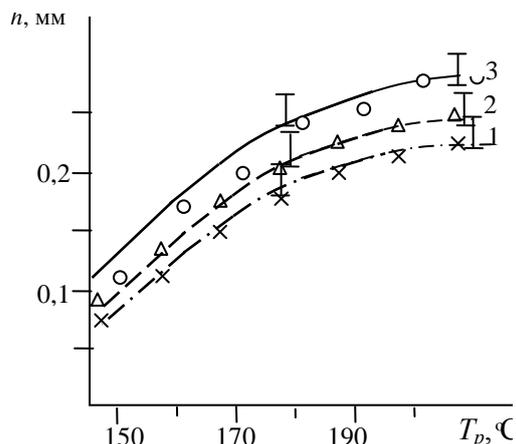
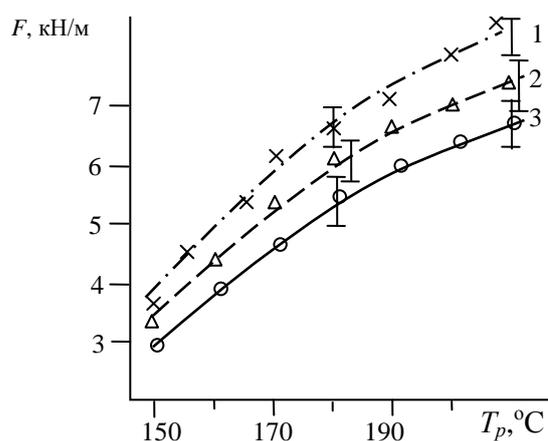


Рисунок 4.10 – Зависимость глубины проникновения h ПВХ-пластиката ПЛ-2 в структуру материалов от давления литья $P_{л}$ при $T_p=180^0$ С, $T_{ф}=20^0$ С:
1 – бортовка, 2 – тик-саржа, 3 – кирза двухслойная, 4 – велюр



а

б

Рисунок 4.11 – Зависимость прочности F литьевых соединений (а) и глубины проникновения h подошвенной композиции в структуру тканей (б) от температуры T_p расплава:

1- шерстяной драп; 2- бархат; 3- башмачное полотно.

Состояние поверхности текстильных материалов определяется также их ворсистостью. Для сопоставления параметров литьевого крепления ворсовых и не ворсовых тканей определялись зависимости F и h от температуры расплава T_p подошвенной композиции. Для анализа выбраны хлопчатобумажные и шерстяные ткани примерно одинакового поверхностного заполнения – бархат (ворсовая, $E_s=86,1\%$), башмачное полотно (неворсовая, $E_s=86,2\%$) и шерстяной драп (ворсовая, $E_s=85,4\%$). Результаты определения параметров их литьевого крепления с ПВХ-пластиком ПЛ-2 представлены на рисунке 4.11.

Несмотря на то, что зависимости F и h от T_p для литевых изделий с бархатом и башмачным полотном находятся в пределах накладывающихся доверительных интервалов средних значений параметров, они показаны отдельными кривыми. Тем самым подчеркнем, что зависимости близки количественно, но налицо устойчивая тенденция более низкого значения $F=f(T_p)$ и более высоких величин $h=f(T_p)$ в литевых изделиях с башмачным полотном.

Поскольку поверхностное заполнение бархата и башмачного полотна одинаково, более высокую прочность литьевого крепления бархата следует отнести на счет внедрения его ворса в адгезив и подошвенный полимер. С другой стороны, незначительное различие прочности литьевого крепления этих тканей свидетельствует о низкой прочности связи ворса с бархатом. Это подтверждается характером разрушения литевых изделий: на отслоенных поверхностях ПВХ – пластика отчетливо видны ворсинки бархата.

На зависимостях $h=f(T_p)$ наблюдается обратная картина – глубина проникновения адгезива и подошвенной композиции в бархат хоть и незначительно, но ниже, чем в башмачное полотно (рисунок 4.11 б). Это можно объяснить тем, что ворс бархата является препятствием для проникновения полимеров в структуру этой ткани.

На рисунке 4.11 приведены соответствующие зависимости для литевых соединений с шерстяным драпом. Из этих зависимостей следует, что глубина проникновения полимеров в него ниже, чем в соединениях с хлопчатобумажной тканью. Более высокая прочность литевых соединений с драпом обусловлена не только лучшей специфической адгезией кератина с ПВХ-пластиком (раздел 5.1), которая к тому же незначительно превышает этот показатель для целлофана. Другой причиной является длинный густой ворс драпа, а также чешуйчатая поверхность шерстяных волокон. Это предположение подтверждается более низкой, чем в хлопчатобумажных тканях, глубиной проникновения расплавов полимеров в драп. По-видимому, более густой и длинный ворс драпа в большей степени ограничивает внедрение адгезива и расплава полимера в его поверхностную структуру.

Таким образом, наличие ворса на поверхности тканей слабо влияет на прочность их литьевого крепления. Это обусловлено тем, что с одной стороны ворсистая поверхность способствует повышению прочности сцепления с подошвенной композицией, а с другой стороны препятствует проникновению адгезива и расплава подошвенного полимера в структуру ткани. На этом

основании следует считать, что ворсистость ткани не является существенным фактором прочности литьевого крепления и при разработке математической модели прочности им можно пренебречь.

Многочисленные эксперименты показали, что параметр h определяется не только структурой материалов верха и режимами прямого литья, но расположением участка адгезионного контакта до литника. На эту зависимость указывает и анализ адгезиограмм расслаивания образцов литевых соединений. Этот анализ показывает, что усилие расслаивания образцов литевых соединений данной системы материалов в области литника крайне нестабильно. В этой области наряду с низкими усилиями расслаивания, достигающими в отдельных случаях до нулевого, наблюдаются и высокие значения. При этом наиболее часто в области литника фиксируются пониженные усилия расслаивания [86]. Характерная адгезиограмма расслаивания представлена на рисунке 4.12.

Зависимость глубины проникновения h ПВХ-пластиката ПЛ-2 в хлопчатобумажные ткани (таблица 4.1) от расстояния l поперечного среза до литника представлена на рисунке 4.13. Эта зависимость показана для $l > 10$ мм, поскольку в области литника ($l < 10$ мм) измеряемый параметр h имеет доверительный интервал, соизмеримый со средним значением параметра.

Нестабильность параметра h в области литника можно объяснить с позиций сущности процесса заполнения формы при литьевом формовании.

При заполнении формы первые охлажденные порции расплава подошвенной композиции попадают на материал верха в области впускного канала (рисунок 4.12), где пристенный слой полимера затвердевает и образует корку. Поэтому по затвердевшему слою полимера продвигаются вглубь формы последующие более горячие порции расплава. После заполнения полости формы давление формования нарастает и в этот период осуществляется диффузия полимера в структуру материала верха. При этом в области литника диффузии препятствует затвердевший слой полимера. При некоторых условиях заполнения формы этот затвердевший слой может быть смещен потоком расплава, и тогда в области литника расплав глубоко проникает в структуру материала верха, образуя прочную адгезионную связь [86].

Таким образом, образование адгезионного контакта в области литника определяется трудно контролируемыми факторами, что приводит к широкому изменению параметра механической адгезии.

Во многих конструкциях многогнездных литевых форм для приема первой охлажденной порции расплава между центральным литником и разводящими каналами выполняют специальные гнезда. В литевых формах для прямого литья низа на обувь изготовление таких гнезд не предусмотрено.

При $l > 10$ мм имеется четкая закономерность снижения глубины проникновения полимера в структуру материалов верха (рисунок 4.13). Это обусловлено охлаждением расплава по мере его продвижения в полости формы, а также меньшим давлением формования в более удаленных от литника областях.

Таким образом, основными факторами механической адгезии литевых соединений являются поверхностное заполнение тканей (или пористость кож), температура расплава и давление формования. Кроме того, параметр h механической адгезии неоднороден по площади адгезионного контакта литевых соединений.

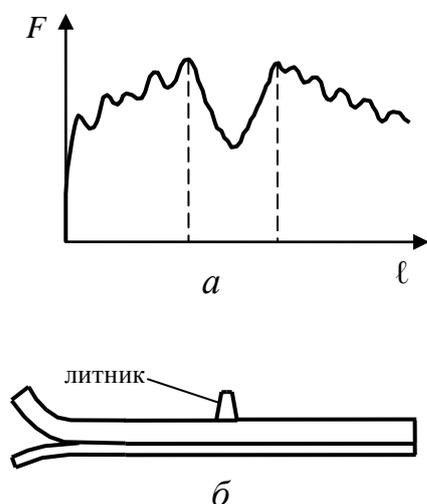


Рисунок 4.12 – Характерная адгезиограмма расслаивания (а) и образец литевого соединения (б)

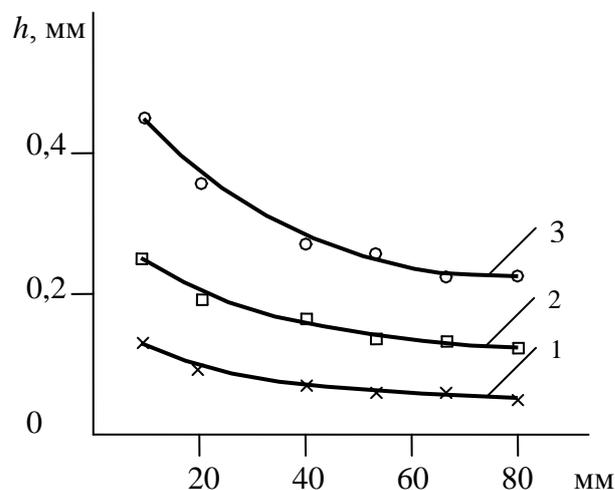


Рисунок 4.13 – Зависимость глубины проникновения h подошвенной композиции в бортовку (1), тик-саржу (2) и двухслойную кирзу (3) от расстояния l до литника

Результаты анализа факторов механической адгезии ставят два важных в практическом отношении вопроса:

- каковы причины пониженной проникающей способности пористых композиций в структуру материалов верха и, следовательно, более низкой прочности их литевого крепления;
- каково влияние режимов прямого литья на прочность литевого крепления низа обуви.

Анализ этих вопросов изложен ниже.

4.3 Факторы прочности литевых соединений

В практике прямого литья получают существенно более низкую прочность литевого крепления низа из пористых композиций, чем из монолитных [18]. Попытки повысить прочность литевого крепления пористого низа к обуви за счет технологических и рецептурных приемов не дали удовлетворительных результатов.

Исследования литевых соединений различных материалов верха обуви с пористыми композициями показали, что их прочность на 20-50% ниже соответствующего показателя для монолитных композиций [87-90]. Учитывая вышерассмотренные особенности параметров механической адгезии пористых

композиций, вопрос прочности их литьевого крепления требует подробного изучения.

Известными исследованиями показано, что режимы прямого литья существенно влияют на прочность литьевого крепления [18-20, 24]. Однако общие закономерности этого влияния для разных систем материалов не изучены, поскольку исследователи решали частные задачи повышения прочности литьевого крепления заданной системы материалов.

Ниже рассматривается проблема прочности литьевого крепления пористого низа к обуви и анализируется влияние режимов литья на прочность литевых соединений различных систем обувных материалов.

4.3.1 Прочность литевых соединений пористых подошвенных композиций

Для выявления причин пониженной прочности литьевого крепления пористого низа обуви выполнены следующие исследования. Во-первых, определена прочность литевых соединений композиций различной степени пористости. Во-вторых, проведен микроскопический анализ поперечных срезов литевых соединений пористых композиций. В-третьих, рассмотрена причина исследуемой проблемы в пониженной когезионной прочности пористого подошвенного полимера.

Для анализа прочности литевых соединений подошвенных композиций различной пористости смешивались гранулы монолитных и пористых полимеров в разных пропорциях. Степень пористости смесей оценивалась процентным содержанием δ пористого полимера в общем объеме смеси. Полученные смеси приливались к текстильному триплированному материалу при $T_p=190^\circ\text{C}$, $T_\phi=20^\circ\text{C}$, $P_\lambda=6$ МПа и определялась прочность расслаивания образцов.

Результаты определения прочности образцов литевых соединений представлены на рисунке 4.14. Из рисунка следует, что прочность литевых соединений напрямую зависит от степени пористости подошвенных композиций. При этом зависимость для композиций на основе термоэластопластов более существенна.

Поскольку пористость композиций можно регулировать давлением литья, определялось его влияние на прочность литьевого скрепления (рисунок 4.15). Как и следовало ожидать, с повышением давления литья прочность литевых соединений пористых композиций возрастает в большей степени, чем монолитных, а при давлении 12-16 МПа эта разница сводится к минимуму. Заметим, однако, что рост прочности литевых соединений обусловлен не только снижением пористости композиций, но и повышением механической адгезии в результате более глубокого диффундирования расплава в структуру ткани.

Авторами высказано предположение, что пониженная прочность литевых соединений пористых композиций объясняется образованием на границе адгезионного контакта незамкнутых пор, снижающих истинную

площадь контакта [88]. Этим же объяснялось и более существенная зависимость прочности скрепления термоэластопластов от степени пористости композиций (рисунок 4.14), поскольку в термоэластопластах формируется более регулярная, чем в ПВХ-пластикатах пористая структура с большим количеством незамкнутых пор на поверхности адгезионного контакта.

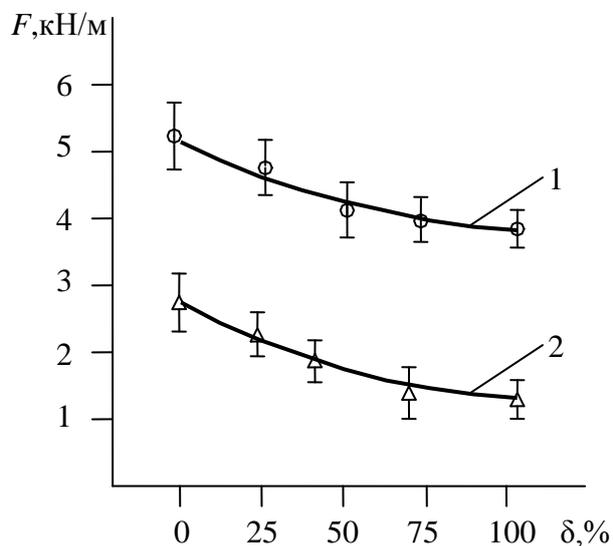


Рисунок 4.14 – Зависимость прочности F литевых соединений от степени пористости δ композиций:
1 – смесь ПЛ-2 с ПЛП-2;
2 – смесь 2S/63/120 с 189NM7058.

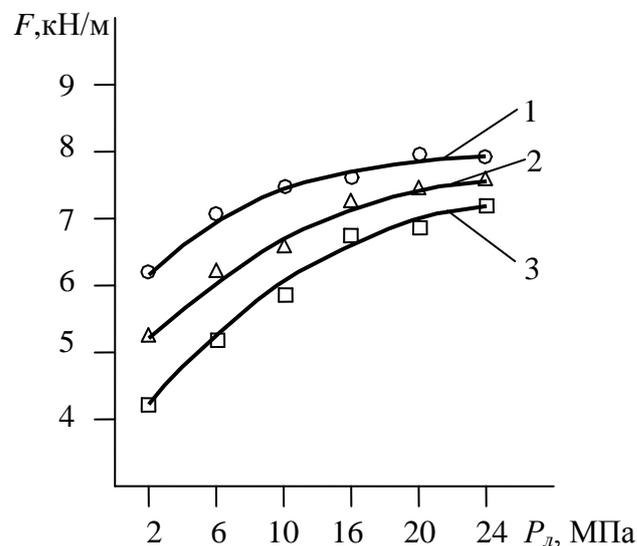


Рисунок 4.15 – Влияние давления литья P_d на прочность F литевых соединений ПВХ-пластиков:
1 – ПЛ-2; 2 – смесь ПЛ-2 с ПЛП-2 в соотношении 1:1; 3 – ПЛП-2.

Для более детального анализа причин пониженной прочности литьевого крепления пористых композиций проведен микроскопический анализ поперечных срезов образцов литевых соединений. Картина адгезионного контакта двухслойной кирзы с пористым ПВХ-пластикатом ПЛП-2 представлена на рисунке 4.16.

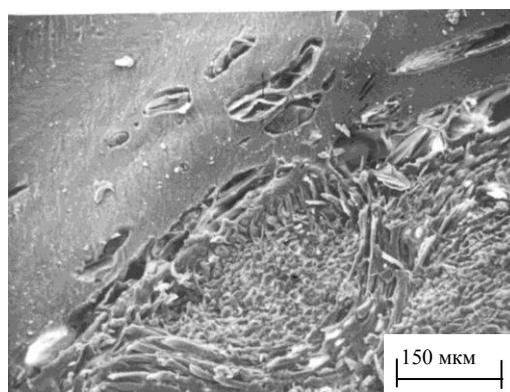


Рисунок 4.16 – Микрофотография поперечного среза литьевого соединения ткани с пористой подошвенной композицией

При микроскопическом анализе установлено, что на поверхности адгезионного контакта имеются незамкнутые поры, однако их количество незначительно. Проведенная оценка показала, что наличие незамкнутых пор снижает истинную площадь адгезионного контакта на 3-9%. Поэтому пониженную прочность литьевого крепления пористых композиций нельзя объяснить только снижением истинной площади адгезионного контакта.

Однако при микроскопическом исследовании обнаружено значительно меньшее проникновение расплава пористых композиций в структуру тканей, а также, что особенно важно, выявлено наличие неплотностей и микрощелей между скрепляемыми материалами (рисунок 4.17).

Очевидно, что микрощели и неплотности образуются из-за выделения из пористых композиций порообразующих газов. Поясним, что эти газы выделяются и после полного заполнения формы расплавом и, не имея выхода из полости формы, препятствуют проникновению полимеров в структуру ткани, а в отдельных случаях приводят к образованию упомянутых щелей и неплотностей.

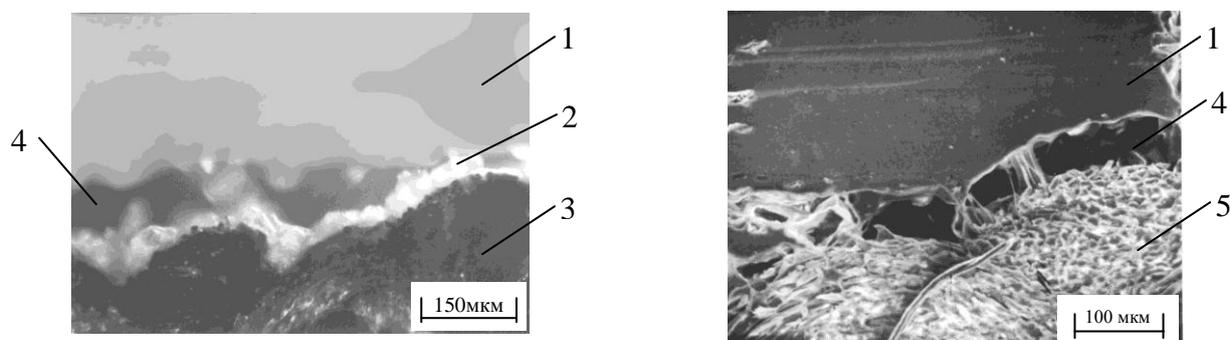


Рисунок 4.17 – Микрофотографии поперечных срезов литевых соединений пористого ПВХ-пластиката с кирзой двухслойной (а) и кожей (б):

1- подошвенная композиция; 2 – клеевой слой; 3 – кирза; 4 – щель;
5 – волокна кожи, пропитанные клеем.

Области слабого адгезионного контакта пористых композиций обнаруживаются при сопоставительном анализе адгезиограмм расслаивания образцов литевых соединений монолитных и пористых композиций с двухслойной кирзой. На адгезиограммах расслаивания образцов с пористыми композициями легко заметить участки с более значительными, чем для монолитных полимеров, падениями нагрузки расслаивания.

Основываясь на выявленных особенностях адгезионного контакта в литевых соединениях пористых композиций, становится ясными причины падение нагрузки расслаивания образцов их литевых соединений. Причинами этого является менее глубокое проникновение пористого полимера в структуру материалов верха и, что самое главное, образование микрощелей и неплотностей между соединяемыми материалами.

При анализе проблемы пониженной прочности литьевого крепления пористых композиций изготовлена литевая форма для формования образцов

литьевых соединений с системой вентиляционных каналов для удаления из области адгезионного контакта порообразующих газов [88]. При микроскопическом анализе поперечных срезов образцов, изготовленных в этой форме, не обнаружены микрощели и неплотности, а глубина проникновения расплава в структуру материалов верха соответствовала этому параметру для монолитных композиций.

Конструктивные особенности литьевой формы с вентиляционными каналами и сопоставительный анализ прочности литьевых соединений, полученных в этой форме, изложены в шестой главе монографии, которая посвящена способам повышения прочности литьевого крепления пористых композиций. В настоящей главе ограничимся констатацией того, что именно порообразующие газы, выделяющиеся из пористых композиций, снижают прочность литьевого крепления.

Сравнительный анализ адгезиограмм расслаивания привел и к другому выводу. Разрушение литьевых соединений образцов с пористыми и монолитными композициями имело преимущественно смешанный характер. Однако для многих образцов литьевых соединений пористых композиций плотностью $0,5-0,7 \text{ г/см}^3$ наблюдается разрушение, переходящее в когезионное по поверхностному слою полимера.



Рисунок 4.18 – Кирзовые подложки литьевых соединений с пористым (а) и монолитным (б) ПВХ-пластикатами (пластикат белого цвета)

На рисунке 4.18 показаны кирзовые подложки литьевых соединений с монолитным ПЛ-2 и пористым пластиком плотностью 680 кг/м^3 , полученным путем добавления в гранулы ПЛ-2 5-ти массовых частей микросфер «Exprencel». На рисунке виден смешанный характер разрушения образцов с пористым пластиком, чередующийся с когезионным по слоям полимера. Однако при расслаивании фиксировалось более низкое усилие расслаивания образцов с пористой композицией, чем с монолитным ПЛ-2.

Следовательно, прочность литьевых соединений пористых композиций снижается дополнительно из-за низкой когезионной прочности вспененных полимеров.

Таким образом, проведенные исследования раскрыли причины пониженной прочности литьевых соединений пористых подошвенных композиций с материалами верха обуви, которые определяются следующими факторами:

– образованием на границе адгезионного контакта литьевых соединений щелей и неплотностей вследствие выделения из композиций порообразующих газов;

– снижением истинной площади адгезионного контакта из-за наличия на границе контакта незамкнутых пор и меньшим проникновением расплава в структуру материалов верха;

– более слабой когезионной прочностью вспененных композиций.

Выявленные факторы не только объясняют причины пониженной прочности литьевого крепления пористого низа к верху обуви, раскрывают сущность литьевого формования вспенивающихся материалов, но и указывают пути повышения прочности крепления. Эта проблема может быть решена, помимо рецептурных и технологических приемов, путем несложной модернизации формующей оснастки. Такой путь повышения прочности литьевого крепления рассматривается в шестой главе монографии.

4.3.2 Влияние режимов литья на прочность литевых соединений

Рассмотрим влияние температуры литья и давления формования на прочность литевых соединений различных систем обувных материалов. Целесообразность выбора этих параметров литья под давлением обусловлена, во-первых, тем, что они являются наиболее мощными факторами свойств литевых изделий вообще и прочности литевых соединений в частности. Во-вторых, в практике переработки эти параметры всегда варьируют для повышения прочности литьевого крепления низа и оптимизации других свойств формуемых изделий. В-третьих, прочие параметры режимов литья (скорость заполнения формы, время впрыска, уплотнения, выдержки под давлением и др.) прямо или косвенно зависят от выбранных нами параметров.

Для решения поставленной задачи анализировалась прочность литевых соединений различных подошвенных композиций с текстильными материалами верха обуви. Выбор для исследования текстильных материалов оправдан тем, что ассортимент обувных тканей позволяет подобрать материалы одинаковой химической природы, но различающихся по плотности структуры. Это дает возможность оценить факторы механической адгезии в литевых соединениях при анализе результатов исследований. Характеристика материалов литевых соединений приведена в таблице 4.1.

Влияние температуры литья на прочность литевых соединений исследовалось в диапазоне 140-230°C. Заметим, что в практике прямое литье ПВХ-пластиков и композиций на основе термоэластопластов осуществляют при температуре не выше 190-200°C. Однако для получения полной картины исследуемой закономерности нами выбран более широкий диапазон температуры литья.

При проведении экспериментов установлено, что изменение температуры литевой формы в диапазоне 10-40°C существенно не влияет на прочность образцов литевых соединений. Это обусловлено тем, что в зоне формирования литьевого соединения контакт расплава подошвенной композиции происходит с тканью, которая является своего рода теплоизолятором для полимера. В дальнейших исследованиях температуру литевой формы не варьировали и

поддерживали равной 20°C. Вместе с тем выявлено, что температура литья оказывает существенное влияние на прочность литьевых соединений [91]. Результаты анализа представлены на рисунке 4.19, а, б.

Для всех систем материалов прочность литьевых соединений увеличивается с повышением температуры литья, что объясняется влиянием двух факторов. Во-первых, при более высокой температуре интенсифицируются процессы молекулярной диффузии полимера, что повышает прочность литьевых соединений [22]. Во-вторых, при этом повышается текучесть расплава, что способствует его проникновению в поверхностную структуру тканей и росту механической адгезии, а также увеличению эффективной площади контакта материалов соединения [89].

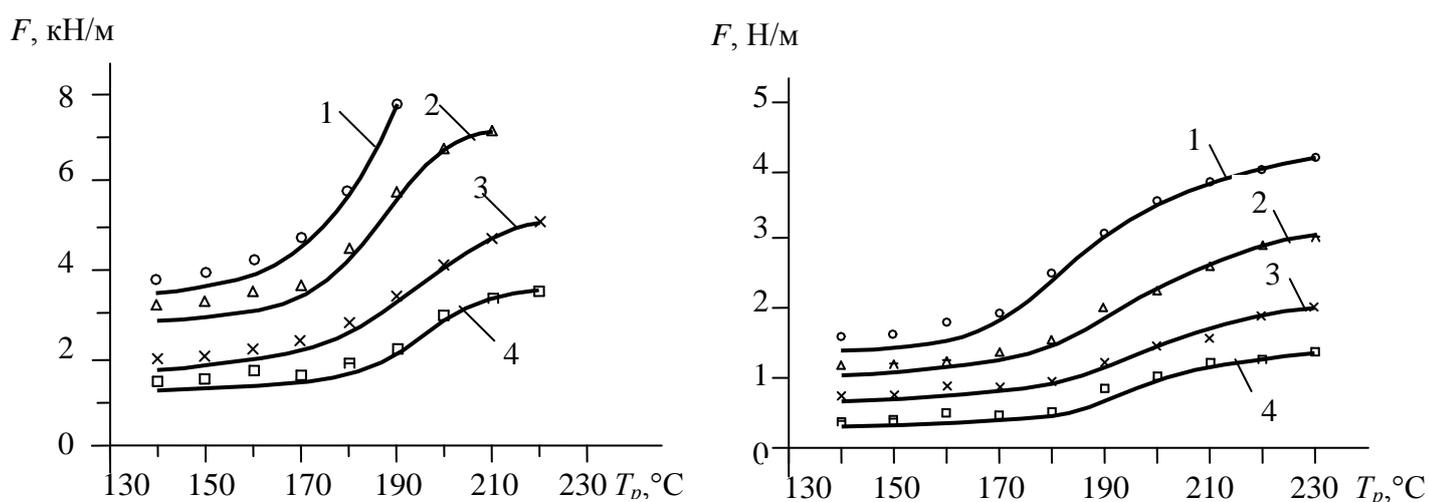


Рисунок 4.19 – Влияние температуры расплава T_p на прочность F литьевых соединений: а – ПВХ-пластикатов ПЛ-2 и ПЛП-2 соответственно с тканью «цветная» (кривые 1 и 2) и двухслойной кирзой (3 и 4); б – термоэластопластов 2S/63/120 и 189NM7058 соответственно с тканью «цветная» (1, 3) и двухслойной кирзой (2, 4).

Из рисунка 4.19 следует, что влияние температуры литья на прочность литьевого крепления более значительно при соединении монолитных композиций с тканью «цветная». Это объясняется тем, что повышение текучести расплава и рыхлая поверхностная структура этой ткани в наибольшей степени способствует росту механической адгезии при формировании литьевых соединений. Уместно отметить, что при испытании образцов монолитного ПЛ-2 с тканью «цветная» результаты удалось получить для температуры литья не выше 190°C, а пористого ПЛП-2 – до 210°C, т.к. при расслаивании образцов, отлитых при более высокой температуре, имело место разрушение ткани или полимера (рисунок 4.19 а, кривые 1, 2).

Для анализа влияния второго фактора на прочность литьевых соединений на приборе ИИРТ по ГОСТ 11645-73 определялся показатель текучести расплава (ПТР) подошвенных композиций в исследуемом температурном диапазоне. В этом диапазоне температуры ПТР изменяется в широких пределах, поэтому выдавливание расплава осуществляли через капилляр малого диаметра (1,18 мм) под действием нагрузки 28,5 Н. Зависимость ПТР от температуры расплава представлена на рисунке 4.20

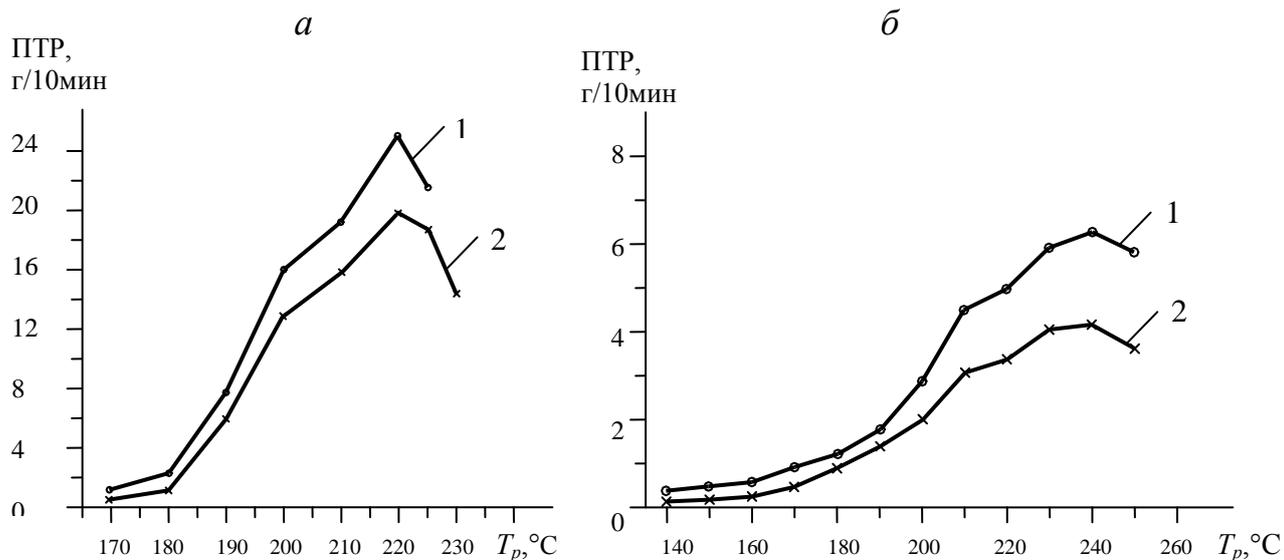


Рисунок 4.20 – Зависимости ПТР от температуры расплава T_p :
 расплава ПВХ-пластиков (а) и термоэластопластов (б):
 1 – ПЛ-2; 2 – ПЛП-2; 3 – 189NM7058; 4 – 2S/63/120.

Несмотря на более высокую текучесть пористых композиций (рисунок 4.20), прочность их литевых соединений ниже, чем монолитных, а с повышением температуры литья эта разница еще более увеличивается (рисунок 4.19). По-видимому, при повышении температуры расплава интенсифицируется выделение порообразующих газов, что, как показано в подразделе 4.3, приводит к ослаблению механической адгезии и образованию областей неплотного контакта соединяемых материалов.

Из рисунка 4.20 следует, что увеличение ПТР ПВХ-пластиков происходит при повышении температуры до 220 °C, а термоэластопластов – до 240 °C. При этом наибольший рост текучести ПВХ-пластиков имеет место при повышении температуры от 180 °C до 200 °C (для ПЛ-2) и до 220 °C (для ПЛП-2), а термоэластопластов – в интервале 170-220 °C. Интересно отметить, что именно в этих диапазонах температуры литья прочность литевых соединений возрастает в наибольшей степени (рисунок 4.19). Следовательно, значительный рост прочности литевого крепления при повышении температуры литья до 200-220 °C обусловлен как интенсификацией процесса молекулярной диффузии, так и повышением текучести расплавов композиций.

Увеличение температуры расплава выше рассмотренных диапазонов приводит сначала к замедлению роста ПТР, а затем к его снижению (рисунок 4.20). Это объясняется термодеструкцией подошвенных композиций, а также структурированием термоэластопластов. Поэтому при повышенных температурах литья рост прочности литевых соединений замедляется, т.к. этому способствует, в основном, лишь интенсификация процесса молекулярной диффузии.

Таким образом, установлены закономерности влияния температуры литья на прочность литевых соединений подошвенных композиций с текстильными материалами верха обуви. Аналогичные зависимости получены в работе [22] при исследовании прочности литевого крепления композиций на основе термоэластопластов с кожами типа велюр.

Подчеркнем, что выявленные экспериментально закономерности хорошо согласуются с качественной картиной диффундирования расплава полимера в капиллярно-пористую структуру обувных материалов, полученной на основе разработанной нами математической модели процесса (рисунок 4.2). Экспериментальные зависимости и математическая модель предсказывают рост проникновения расплава полимера в материал верха не только с повышением температуры литья, но и с увеличением давления формования.

При прямом литье низа на обувь возможности повышения давления литья ограничены из-за риска появления выпрессовок. Поэтому этот параметр устанавливают из условий полного заполнения формы и четкого оформления на изделиях поверхностных рисунков. Давление формования варьировалось от 2,5 до 16 МПа, поскольку предварительные эксперименты показали, что более высокое давление не оказывает существенного влияния на прочность литевых соединений.

Образцы литевых соединений формовались при $T_p=190^{\circ}\text{C}$ и $T_{\phi}=20^{\circ}\text{C}$. Влияние давления формования на прочность расслаивания литевых соединений различных материалов представлено на рисунке 4.21.

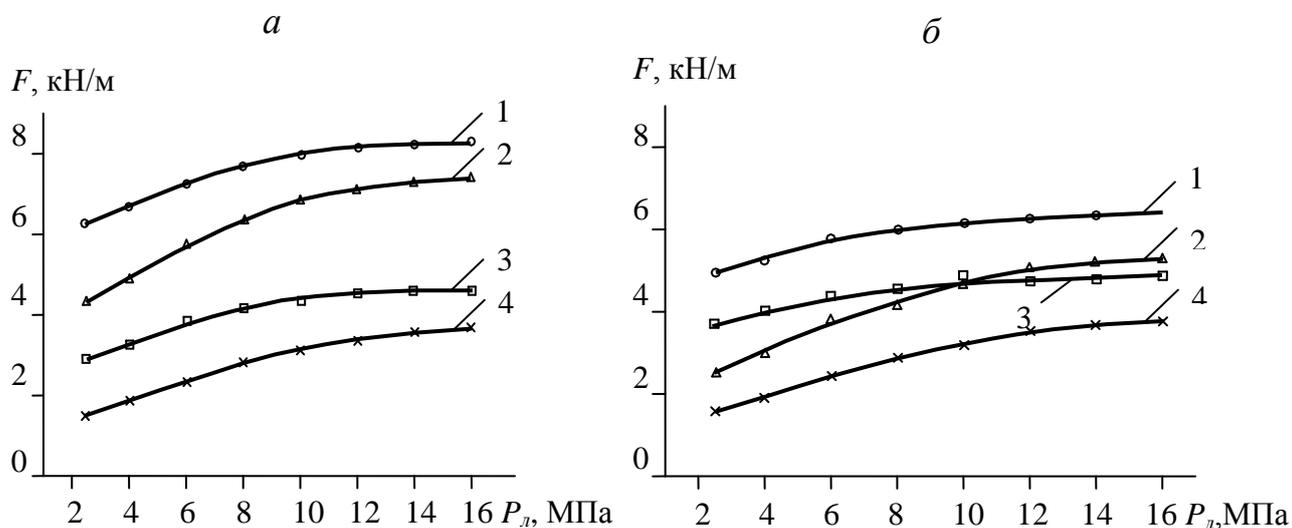


Рисунок 4.21 – Влияние давления литья P_l на прочность F литевых соединений:
 а – ПВХ-пластикатов ПЛ-2 и ПЛП-2 соответственно с тканью «цветная» (кривые 1 и 2) и двухслойной кирзой (3 и 4); б – термоэластопластов 2S/63/120 и 189NM7058 соответственно с тканью «цветная» (1, 2) и двухслойной кирзой (3, 4).

Из рисунка 4.21 следует, что прочность всех литевых соединений возрастает с повышением давления формования, причем наибольший рост имеет место при увеличении давления до 10-12 МПа. Эта закономерность особенно четко прослеживается для литевых соединений термоэластопластов и, особенно, ПВХ-пластикатов с тканью «цветная», имеющей рыхлую

поверхностную структуру. Очевидно, что при повышении давления литья расплав в большей степени проникает в поры и неплотности ткани, образуя механические соединения. Кроме этого увеличивается эффективная площадь контакта соединяемых материалов, что также приводит к повышению прочности литьевого крепления [90]. Из рисунка 4.21 также следует, что при давлении литья выше 10-12 МПа рост прочности литьевых соединений замедляется. Это обусловлено тем, что большинство пор и неплотностей в ткани уже заполнены полимером, а его проникновение в более мелкие пустоты затруднено из-за ограниченной проникающей способности расплавов [6]. Эта закономерность хорошо согласуется с зависимостью глубины проникновения подошвенных композиций в структуру тканей от давления литья (рисунок 4.10).

Отметим, что замедляющийся рост прочности литьевых соединений с повышением давления формования хорошо согласуется и с качественной картиной процесса диффундирования (рисунок 4.2). В соответствии с этой картиной при достижении определенной глубины проникновения расплава в материал верха его способность к дальнейшему диффундированию резко снижается.

Следует отметить, что с повышением давления литья разница прочности литьевых соединений монолитных и пористых подошвенных композиций с тканями снижается. Это связано с тем, что увеличение давления формования способствует быстрому заполнению полости формы и снижению выделения порообразующих газов, препятствующих образованию механической связи в литьевых соединениях. Особенно явно этот эффект проявляется в литьевых соединениях с тканью «цветная», в соединениях с двухслойной кирзой он прослеживается менее четко. Это обусловлено меньшими возможностями изменения эффективной площади контакта соединяемых материалов из-за более плотной и гладкой поверхности кирзы. По этой же причине рост прочности литьевых соединений подошвенных композиций с кирзой с повышением давления литья менее значителен, чем с тканью «цветная».

Сопоставление соответствующих кривых на рисунке 4.21 свидетельствует, что прочность литьевых соединений термоэластопластов с тканями менее чувствительна к изменению давления литья, чем ПВХ-пластиков. Это объясняется тем, что при одинаковых температурных режимах ПВХ-пластики имеют более высокую текучесть и обладают лучшей способностью проникать в поверхностную структуру тканей при повышении давления литья. Этим же обусловлена существенная разница в прочности литьевых соединений ПВХ-пластиков с тканями рыхлой («цветная») и плотной (кирза) поверхностью. Напротив, различие прочности литьевого крепления термоэластопластов к этим же тканям не столь значительно из-за меньшей проникающей способности их расплавов (рисунок 4.21).

Таким образом, установлены закономерности влияния режимов литья на прочность литьевых соединений. Полученные данные не только представляют интерес для анализа факторов прочности литьевого крепления и имеют

прикладное значение для выборов режимов литья, но и являются необходимой составляющей для разработки обобщающих математических моделей прочности литевых соединений.

4.3.3 Влияние двукратной намазки материалов верха на прочность литевого крепления

При производстве обуви строчечно-литевого метода крепления низа многие виды материалов верха, в частности, смесовые ткани, содержащие синтетические волокна, а также рыхлые материалы, не обеспечивают удовлетворительную прочность литевого крепления [24,84-85]. При клеевом креплении таких материалов применяется двукратная намазка клеем. В практике прямого литья технология двукратной намазки клеем заготовок верха обуви не используется из-за временных ограничений, регламентированных темпом работы литевых агрегатов [92-93]. Однако при соответствующей организации работы литевых агрегатов, двукратное нанесение клея осуществимо.

Рассматривая различные материалы верха в литевых соединениях с позиций обеспечения прочности их скрепления, нельзя не отметить, что расширение их ассортимента является одним из путей повышения эффективности прямого литья [94-98].

При строчечно-литевом методе крепления низа используют однократное нанесение полиуретанового клея на след обуви с последующей сушкой 3-15 минут [124], однако это не всегда обеспечивает требуемую прочность литевого соединения [30, 87, 99]. Анализ процесса работы литевых агрегатов показал принципиальную возможность организации двукратной намазки клеем следа обуви и термоактивации клеевой пленки перед приливанием низа.

Эффективность двукратной намазки и целесообразность термоактивации клеевой пленки перед приливанием низа оценивали серией предварительных экспериментальных исследований. Эксперименты заключались в формовании в лабораторных условиях на опытной литевой форме не менее 8 образцов литевых соединений для каждого вида материала верха при однократной и двукратной намазках, с выполнением термоактивации клеевого слоя перед приливанием и без нее.

Образцы литевых соединений изготавливали приливанием ПВХ-пластиката марки ПЛ-2 при температуре расплава 180°C и давлении литья 13 МПа к подложкам из различных материалов верха. Для образцов использовали материалы верха, отличающиеся по химической природе и поверхностной структуре. Для оценки влияния этих факторов на прочность литевых соединений в качестве материалов верха выбраны: хлопчатобумажная ткань плотной структуры (кирза) и смесовые ткани рыхлой структуры (хлопкоамидная, полиамидная и полипропиленовая), а также натуральная кожа.

Для намазки применяли полиуретановый клей «Десмоколл-400» 8-10% концентрации для первой намазки, 20% – для второй и однократной намазок.

При этом время сушки устанавливали в пределах временных ограничений, обусловленных темпом работы литьевых агрегатов. Сушку после второй намазки производили интенсифицированным способом потоком нагретого до температуры 60-65°C воздуха при скорости потока 3-4 м/с. Технологические параметры сушки выбирали на основе рекомендаций по выбору интенсифицированных режимов сушки при клеевом методе крепления [39]. Термоактивацию осуществляли с помощью струи нагретого до температуры 90-130°C воздуха. Следует отметить, что термоактивация при прямом литье низа на обувь осуществляется при заполнении литьевой формы за счет контакта горячего расплава с клеевым слоем. Однако этого бывает недостаточно, особенно для рыхлых материалов с рельефной поверхностью. Поэтому предлагается дополнительная термоактивация клеевой пленки перед приливанием низа. Выполнение операции термоактивации в производственных условиях можно реализовать с помощью несложного устройства для обдува горячим воздухом следа затянутой обуви, например, промышленным феном.

Изготовление образцов проводили по следующим вариантам:

- при однократной намазке материала верха полиуретановым клеем «Десмоколл-400» 20% концентрации с сушкой в естественных условиях в течение 5 минут, т.е. по типовой технологии литьевого метода крепления;

- при однократной намазке материала верха полиуретановым клеем «Десмоколл-400» 20% концентрации с сушкой в естественных условиях в течение 5 минут и термоактивации клеевой пленки в течение 7 секунд перед приливанием материала подошвы. Термоактивацию осуществляли потоком нагретого до температуры 130°C воздуха с помощью тепловентилятора;

- при двукратной намазке материала верха полиуретановым клеем «Десмоколл-400» 8-10% концентрации при первой намазке и 20% – при второй намазке. Время сушки после первой намазки составляло 3 минуты в естественных условиях, после второй намазки – 4 минуты с этапом интенсифицированной сушки в течение 1 минуты потоком воздуха температурой 60-65°C при скорости потока 3-4 м/с и этапом сушки в естественных условиях в течение 3 минут;

- при двукратной намазке материала верха полиуретановым клеем «Десмоколл-400» с режимами, как в предыдущем варианте подготовки поверхности к приливанию и термоактивации клеевой пленки в течение 7 секунд при температуре воздуха 130°C.

Прочность литьевых соединений оценивали по результатам расслаивания образцов литьевых соединений. Полученные результаты представлены в таблице 4.2.

В ходе предварительных экспериментов установлено, что при применении однократной намазки клеем не все обувные ткани обеспечивают удовлетворительную прочность литьевого соединения.

Очевидно, что проблема заключается не только в химической природе тканей, но и в дополнительной физико-химической обработке для придания им

водо-, грязеотталкивающих и других свойств, а также в их поверхностной структуре, которая определяет механическую составляющую адгезии [40].

Таблица 4.2 – Результаты исследования прочности литевых соединений

Материал верха	Поверх- ностное заполне- ние, E_s , %	Термоактива- ция перед впрыском	Прочность литевого крепления, кН/м		Повышение прочности, %	
			однократ. намазка	двукрат. намазка	однократ. намазка	двукрат. намазка
1	2	3	4	5	6	7
Двухслойная кирза	104,8	без термоактива- ции (б/т)	3,11±0,24	6,54±0,42	-	110,3
		с термоактива- цией (с/т)	4,23±0,32	5,96±0,51	36,0	91,6
Хлопкоамид- ная ткань ТТФ (арт.2409)	82,3	б/т	2,67±0,22	5,43±0,39	-	103,4
		с/т	3,71±0,25	7,14±0,54	38,9	167,4
Полипропиле- новая ткань (арт.56306ВТ)	94,3	б/т	1,23±0,11	1,57±0,13	-	27,6
		с/т	1,53±0,12	2,21±0,14	24,4	79,7
Полиамидная ткань (арт.56035-вт)	91,6	б/т	1,88±0,14	2,15±0,17	-	14,4
		с/т	1,97±0,13	2,34±0,16	4,8*	24,5
Полукожник хромового дубления с удаленным лицевым слоем	-	б/т	4,48±0,11	4,52±0,14	-	0,9*
		с/т	4,56±0,12	4,59±0,14	1,8	2,0*
Кожа из бахтармянного спилка	-	б/т	5,02±0,12	5,07±0,14	-	0,9
		с/т	5,09±0,11	5,10±0,13	1,3	1,5

* - Повышение прочности литевого крепления лежит в пределах погрешности определения показателя

В литевых соединениях, этот фактор имеет существенное значение, поскольку при прямом литье полимер затекает в неплотности, поры материала верха, в результате чего формируется механическая связь. При этом не только образуются механические зацепы, но и увеличивается истинная площадь адгезионного контакта скрепляемых материалов [23, 41, 76].

Таким образом, результаты исследований показали, что двукратная намазка для некоторых материалов верха, а также термоактивация клеевого слоя приводят к повышению прочности литевого крепления образцов на 24-167%. Следует отметить отсутствие существенного роста прочности литевого

крепления в случае применения этой технологии для натуральной кожи, что, очевидно, связано с ее структурой и высокой адгезионной способностью колагеновых волокон. Прочность скрепления натуральных кож с подошвенными композициями зависит в основном, от характера обработки поверхности кож, их пористости и плотности, а также режимов прямого литья. Напротив, для тканей, содержащих синтетические волокна, двукратная намазка клеем и термоактивация клеевых пленок, дает значительный положительный эффект [100].

5 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ ЛИТЬЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

К настоящему времени известны данные о прочности литьевого крепления многих обувных материалов. Однако эти соединения не систематизированы и не обобщены и поэтому характеризуют частые случаи литьевого крепления. Очевидно, что для прогнозирования прочности литевых соединений требуется разработка математических моделей, способных предсказывать показатели прочности различных систем материалов при заданных режимах прямого литья.

В главе 1 отмечено, что для всестороннего анализа адгезионных характеристик различных систем литевых соединений необходимо рассмотрение модельных систем, в которых вместо реальных материалов применялись бы пленки или волокна соответствующих материалов верха обуви. Настоящая глава посвящена исследованию специфической адгезионной связи при литевом креплении материалов и разработке математических моделей прогнозирования прочности литьевого крепления низа обуви.

5.1 Оценка специфической адгезионной связи в литевых соединениях

Влияние физико-химического строения субстратов и адгезивов на прочность соединений рассматривается в ряде работ [24, 41-44]. Тем не менее, единый подход к этой проблеме окончательно не выработан; к тому же среди накопленных к настоящему времени экспериментальных данных имеются результаты, приводящие к противоречивым выводам. Это свидетельствует о том, что рассматриваемая взаимосвязь является одной из сторон многогранного явления адгезии разнородных поверхностей, а прочность скрепления каждой системы материалов есть результат комплексного влияния всех факторов.

При изучении адгезии к волокнистым материалам рассматривают модельные системы, в которых применяют пленки или волокна соответствующих материалов полимеров (целлофан, полиэтилентерефталат, полиамид). Это позволяет исключить влияние механического фактора на адгезионные явления и оценить специфическую адгезию системы материалов [25-28, 83].

В настоящее время отсутствуют количественные данные о специфической адгезии в литевых соединениях обувных материалов. Очевидно, что прогнозирование прочности литьевого крепления невозможно без знания вклада специфической адгезии в прочность литевых соединений. Без этих данных затрудняется анализ другого важного фактора - поверхностной структуры, которая при одинаковой химической природе может существенно различаться в различных материалах верха.

В связи со сложностью явления адгезии, отсутствием единого подхода к методам оценки адгезионной прочности и трактовки экспериментальных

данных, закономерности специфической адгезии могут быть получены при феноменологическом подходе к проблеме. В такой постановке и рассматривается задача оценки специфической адгезии в литевых соединениях.

При решении этой задачи определялась прочность литевых соединений подошвенных композиций с модельными гладкими образцами (пленками), имеющими одинаковую химическую природу с материалами верха. Отметим, что постановка такого экспериментального анализа сопряжена с рядом трудностей. Во-первых, процесс получения гладких подложек сопровождается частичным изменением структуры материалов. Во-вторых, поверхность твердого тела, в том числе из полимерных материалов, не может быть абсолютно гладкой. Микрорельеф поверхности отражает специфику его внутренней структуры, зависит от метода и режимов ее получения, имеет, как правило, производственные дефекты [25]. В-третьих, для формирования гладких поверхностей подложек приходится использовать полуфабрикаты, композиционный состав которых не полностью совпадает с соответствующими материалами верха обуви. Поэтому адгезионное взаимодействие пленок и реальных материалов верха может различаться на композитном уровне и в реальных материалах. В этой связи получаемые результаты следует считать приближенными.

Модельные образцы материалов верха изготавливали следующим образом.

Образцы, соответствующие по химической природе коллагеновым волокнам натуральной кожи, получали путем нанесения раствора желатина на бахтармянную сторону кожи и последующей сушки покрывной желатиновой пленки. Для приготовления раствора связующего использовали пищевой желатин П-11.

Для модельных образцов, химическая природа которых соответствует хлопчатобумажным и льняным тканям, применяли целлофановую пленку (целлюлоза).

В качестве образцов, близких по природе к белковому веществу шерстяных волокон (кератина), использовали полоски, вырезанные из рогов крупного рогатого скота. Вырезанные полоски нагревали до температуры 110-120°C, выпрямляли их под прессом и охлаждали до температуры окружающей среды, после чего лицевые поверхности образцов полировали.

Модельные образцы из термопластичных полимеров (полиэтилентерефталата, полиамида, полипропилена) изготавливали непосредственно из расплавов соответствующих тканей. Эксперименты показали, что использование готовых пленок из этих термопластов нецелесообразно из-за сильного влияния на адгезионную способность пленок рецептурных факторов. Модельные образцы изготавливали прессованием 3-4 слоев соответствующих тканей в пресс-форме, нагретой выше температуры плавления термопластов с последующим охлаждением прессформы в естественных условиях. Это преследовало цель сведения к минимуму

ориентационных температурных напряжений в образцах, способных повлиять на структуру их поверхностного слоя.

Поставленная задача не преследует цель оптимизации процесса, однако является многофакторной. Решение таких задач наиболее эффективно при применении математических методов планирования и анализа эксперимента [101]. Эти методы не только сокращают количество проводимых опытов, дают количественные данные о вкладе каждого фактора на исследуемый параметр и взаимодействии факторов, но и позволяют представить результаты анализа в виде наглядных геометрических образцов.

Исследуемым параметром является прочность F_c литевых соединений подошвенного ПВХ-пластиката ПЛ-2 с моделями материалов верха обуви, т.е. специфическая адгезия литевого скрепления. Как было показано выше, прочность литевого скрепления оценивается методом расслаивания образцов.

Из литературных данных [18, 19, 20], практики прямого литья и проведенного в нашей работе анализа (подраздел 1.2) известно, что основными регулируемые факторами прочности литевых соединений является температура расплава T_p и давление литья P_l . Обычно температуру T_p при прямом литье подошвенных композиций выбирают в диапазоне 170-190°C. При этом фактическая температура расплава, поступающего в полость формы может отклоняться от этих значений в зависимости от тепловых характеристик оборудования и оснастки. Для получения наиболее полной закономерности исследуемого параметра F_c фактор T_p варьировали в интервале 150-210°C. К обоснованию интервала варьирования фактора T_p добавим, что при $T_p < 150^\circ\text{C}$ требуемая прочность литевого скрепления не обеспечивается, а при $T_p > 210^\circ\text{C}$ снижается когезионная прочность подошвенных композиций из-за процессов их термоокислительной деструкции и удлинения цикла литевого формования.

Давление литья P_l зависит от применяемого литевого оборудования и формующего инструмента и обычно находится в диапазоне 6-20 МПа. В наших исследованиях этот фактор варьировался в интервале 2-24 МПа. Диапазон и уровни варьирования факторов T_p и P_l приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Диапазон и уровни варьирования факторов

Уровни и факторы варьирования	T_p , °C (X_1)	P_l , МПа (X_2)
+1,414	210	24
+1,0	201,2	20,8
0	180	13
-1,0	158,8	5,2
-1,414	150	2

После определения прочности литевых соединений модельных образцов в соответствии с матрицей планирования эксперимента полученные данные обрабатывали и анализировали на ПЭВМ с помощью программ Exel Microsoft. При этом рассчитывали коэффициенты регрессии, дисперсии

воспроизводимости, доверительные интервалы варьирования коэффициентов, исключали незначимые коэффициенты и проверяли адекватность модели.

В результате получены математические модели специфической адгезии в литевых соединениях в виде уравнений регрессии. Эти уравнения в кодированной форме и в именованных величинах для соединений монолитного ПВХ-пластика с подложками различной химической природы имеют следующий вид:

– с целлофаном:

$$Y = 0,690 + 0,076X_1 + 0,010X_2 - 0,029X_1^2; \quad (5.1)$$

$$F_c = -2,06255 + 0,02681T_p + 0,00128P_l - 0,000065T_p^2; \quad (5.2)$$

– с кератином

$$Y = 0,790 + 0,130X_1 + 0,015X_2 + 0,003X_1X_2 - 0,025X_1^2 - 0,005X_2^2; \quad (5.3)$$

$$F_c = -2,1125 + 0,0259T_p + 0,0008P_l + 0,00018T_pP_l - 0,000056T_p^2 - 0,000082P_l^2; \quad (5.4)$$

– с желатином

$$Y = 0,770 + 0,105X_1 + 0,014X_2 - 0,038X_1^2; \quad (5.5)$$

$$F_c = -2,88425 + 0,03539T_p + 0,00179P_l - 0,000085T_p^2; \quad (5.6)$$

– с полиэтилентерефталатом

$$Y = 0,690 + 0,228X_1 + 0,029X_2 + 0,018X_1X_2 + 0,084X_1^2; \quad (5.7)$$

$$F_c = 5,01607 - 0,05794T_p - 0,001588P_l + 0,00011T_pP_l + 0,00019T_p^2; \quad (5.8)$$

– с полиамидом

$$Y = 0,630 + 0,153X_1 + 0,013X_2 + 0,027X_1^2; \quad (5.9)$$

$$F_c = 1,25569 - 0,01441T_p + 0,00167P_l + 0,00006T_p^2; \quad (5.10)$$

– с полипропиленом

$$Y = 0,360 + 0,08X_1 + 0,012X_2 + 0,014X_1^2; \quad (5.11)$$

$$F_c = 0,670 - 0,00744T_p + 0,001538P_l + 0,00003T_p^2. \quad (5.12)$$

Преобразование уравнений регрессии в именованные величины и построение геометрических образов исследуемых зависимостей проводили с помощью программного пакета «Maple-6»

На рисунке 5.1 представлены кривые равной прочности литевых соединений целлофана и полиэтилентерефталата с ПВХ-пластиком ПЛ-2. Геометрические образы зависимостей $F_c = f(T_p, P_l)$ указанных систем материалов

приведены на рисунке 5.2. Соответствующие зависимости систем ПЛ-2 с модельными подложками кератина, желатина, полиамида и полипропилена представлены на рисунках 5.3 и 5.4.

Отметим, что зависимости $F_c=f(T_p, P_l)$ для систем ПВХ-пластиката с пленками из природных полимеров (целлофана, желатина, кератина) представляют собой параболоиды с центром в области высоких значений T_p и P_l , выходящих за границы исследуемой области этих параметров. Напротив, для систем литевых соединений с подложками из синтетических полимеров центр параболоидов находится в области низких T_p и P_l . Это свидетельствует о большем влиянии температуры расплава на специфическую адгезию к подложкам из синтетических полимеров.

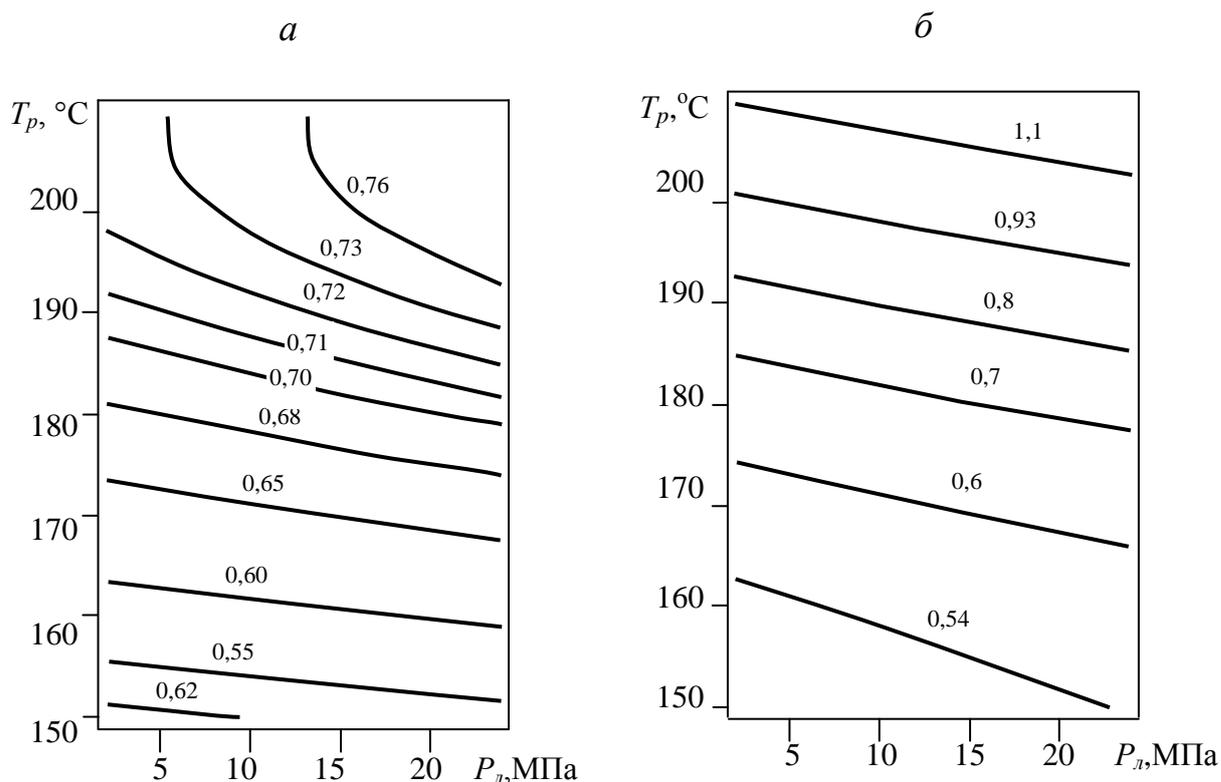


Рисунок 5.1 – Зависимости прочности F_c литевых соединений ПВХ-пластиката ПЛ-2 с целлофаном (а) и полиэтилентерефталатом (б) от температуры расплава T_p и давления формования P_ϕ . Цифры у кривых – значения F_c в кН/м.

Различное влияние температуры расплава и давления литья на специфическую адгезию ПВХ-пластиков с модельными подложками разной химической природы нагляднее иллюстрируется зависимостями $F_c=f(T_p)$ и $F_c=f(P_l)$ при средних значениях факторов $P_l=13$ МПа и $T_p=180^\circ\text{C}$ (рисунок 5.5). Из рисунка следует, что специфическая адгезия всех исследуемых подложек за исключением инертного полипропилена в интервале $T_p=150-180^\circ\text{C}$ близка по величине и находится в пределах 0,5-0,8 кН/м. Этого следовало ожидать,

поскольку подложки представляют собой полимеры, содержащие активные полярные группы с близкими значениями энергии когезии [102].

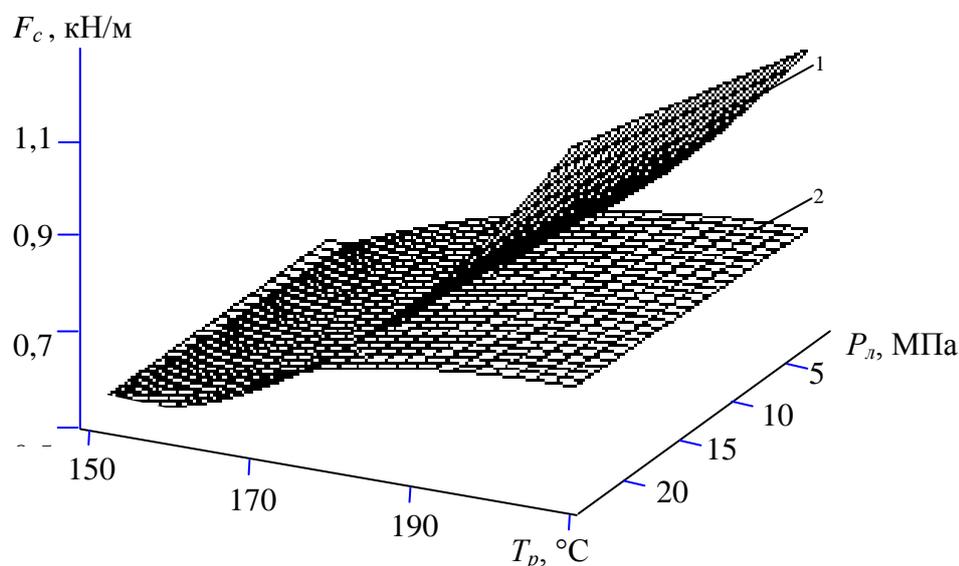


Рисунок 5.2 – Зависимость прочности F_c литевых соединений ПЛ-2 с полиэтилентерефтолатом (1) и целлофаном (2) от температуры расплава T_p и давления формования P_l .

Однако влияние температуры литья на специфическую адгезию литевых соединений с различными подложками различно (рисунок 5.5 а). Для подложек из природных полимеров позитивное влияние роста температуры расплава на специфическую адгезию замедляется при достижении $T_p=180-190^\circ\text{C}$. Очевидно, это связано с изменениями их структуры при повышенных температурах. Так, термическая деструкция целлюлозы начинается при $T=150^\circ\text{C}$, при $T=170^\circ\text{C}$ происходит термоокислительная деструкция коллагена и желатина, свойства керотина изменяются при нагреве свыше 160°C [103].

Напротив, при $T_p>180^\circ\text{C}$ специфическая адгезия к подложкам из полиэтилентерефталата и полиамида, имеющим высокую температуру плавления, более существенна (рисунок 5.5 а). По-видимому, при формировании адгезионной связи с этими полимерами при повышенной температуре расплава интенсифицируются диффузионные процессы.

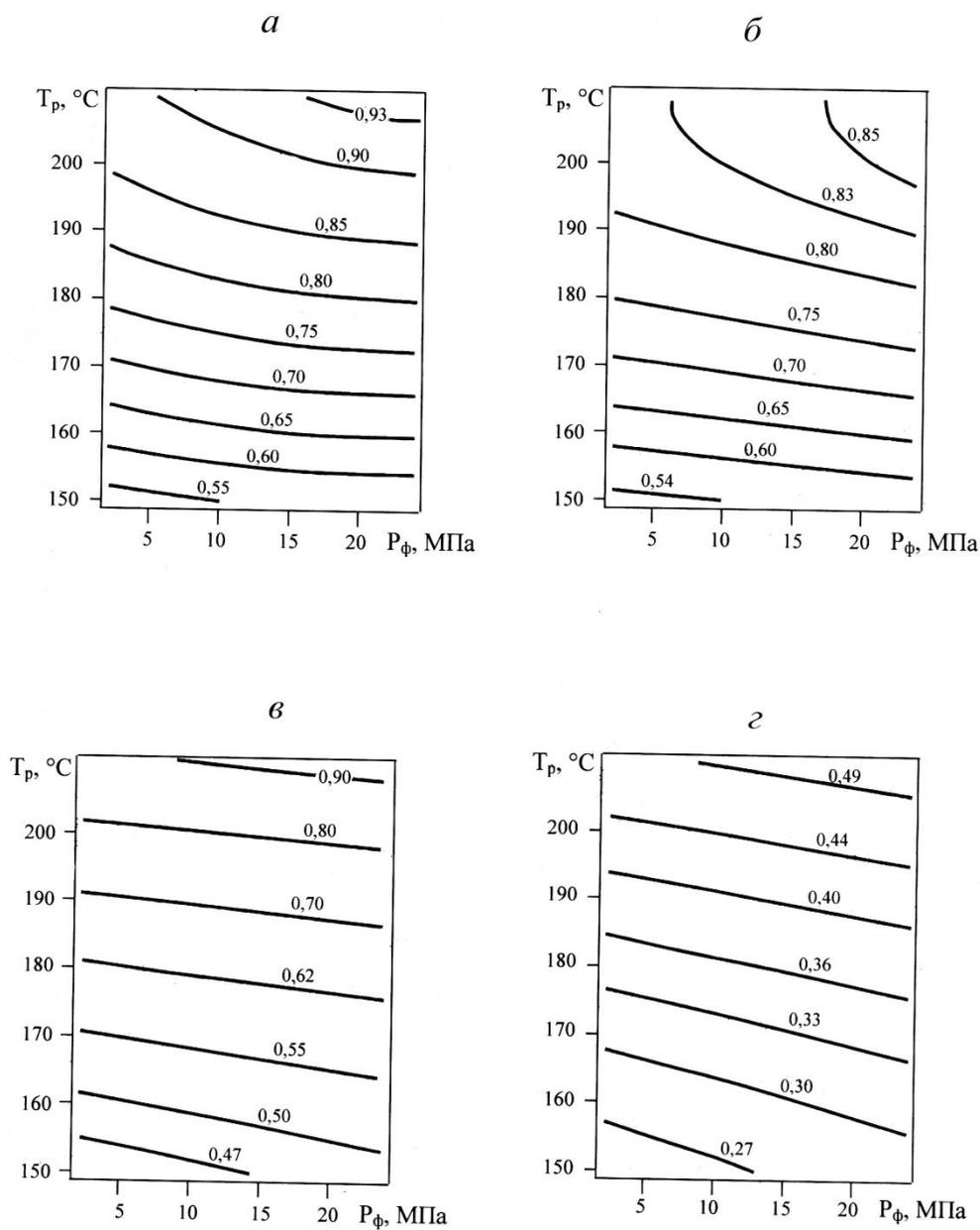


Рисунок 5.3 – Кривые равной прочности литевых соединений ПВХ-пластиката ПЛ-2 с пленками из кератина (а), желатина (б), полиамида (в) и полипропилена (г). Цифры у кривых – значения прочности расслаивания.

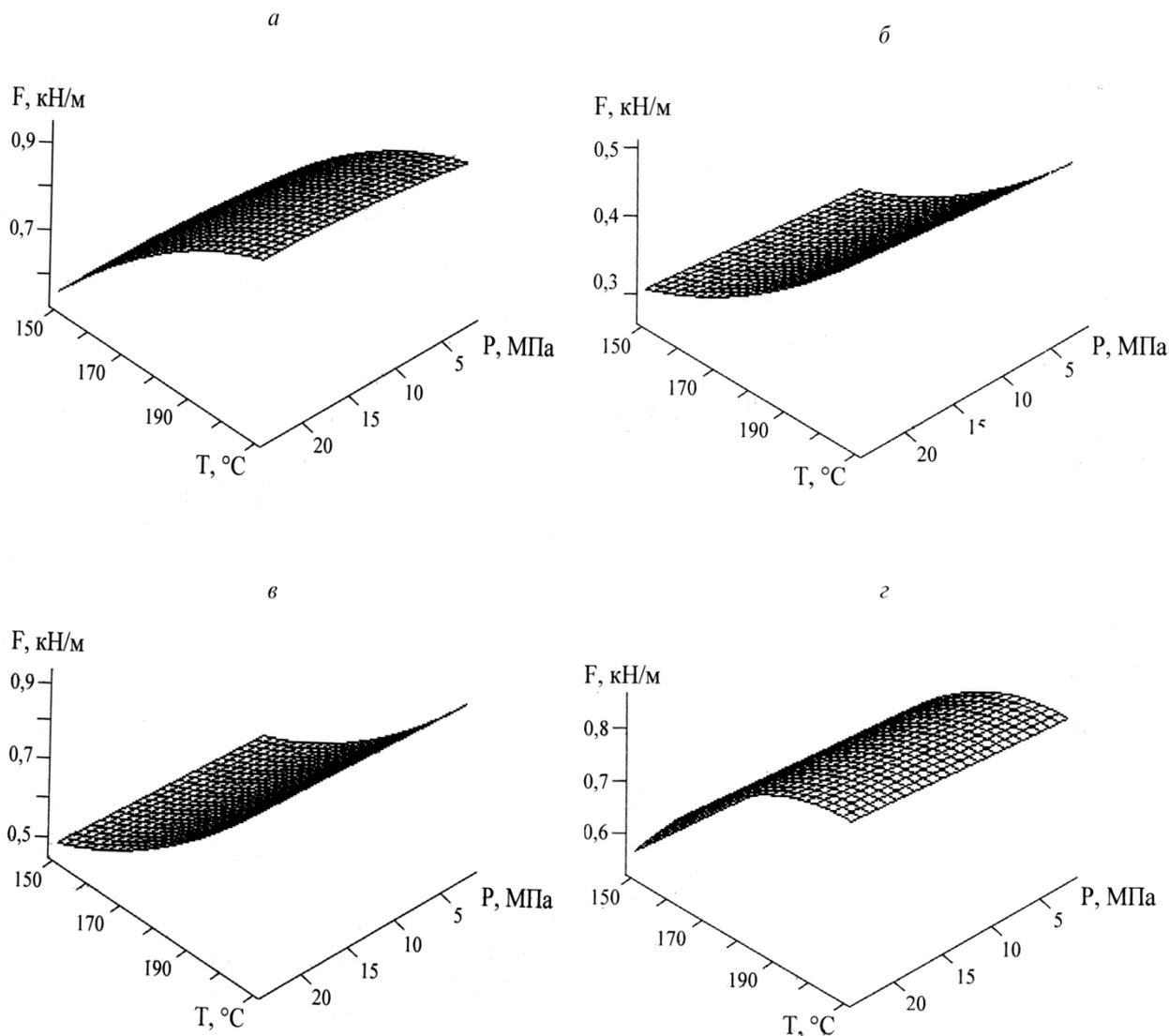


Рисунок 5.4 – Зависимость прочности F литевых соединений ПВХ-пластиката ПЛ-2 с пленками из кератина (a), полипропилена ($б$), полиамида ($в$) и желатина ($г$) от температуры расплава T_p и давления формования $P_{л.}$

Что касается давления формования, то в пределах исследованной области его влияние незначительно (рисунок 5.5 б). Это и понятно, поскольку речь идет об адгезии к гладким поверхностям. Влияние давления более существенно при его низких значениях, которые, однако, не реализуются в процессах формирования литевых соединений.

Оценивая полученные количественные данные, следует заключить, что они в целом коррелируют с известными результатами определения специфической адгезии в клеевых соединениях. Эта корреляция состоит, прежде всего, в констатации того, что специфическая адгезия полимеров даже с высокой адгезионной способностью значительно ниже достигаемой адгезии при скреплении с реальными волокнистыми материалами.

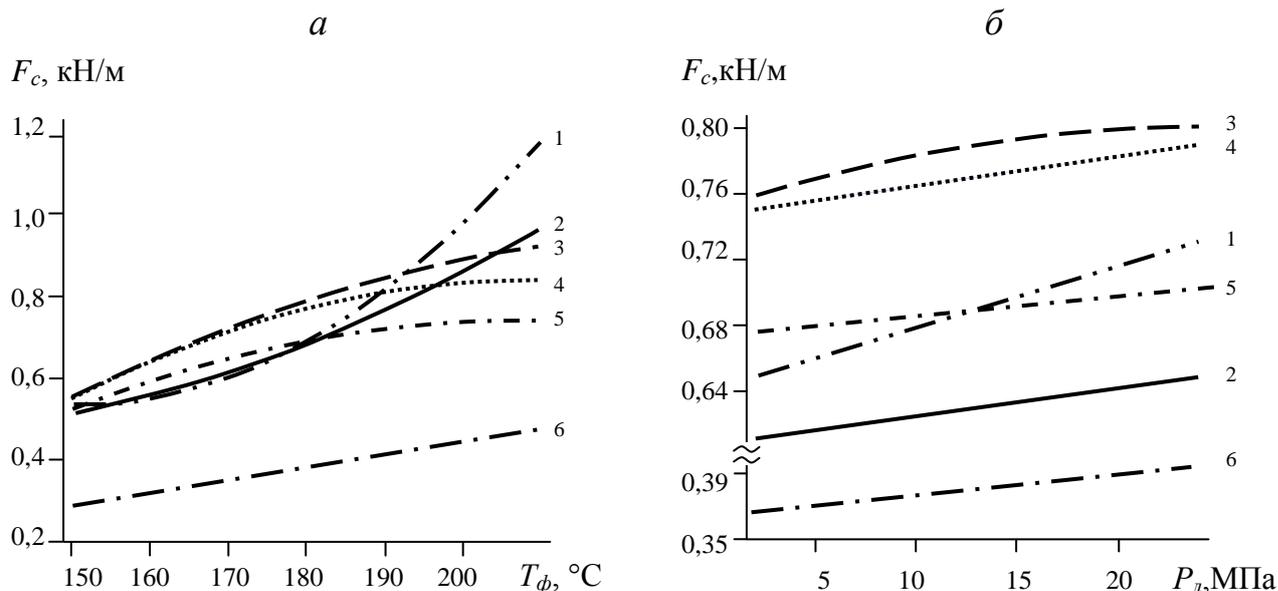


Рисунок 5.5 – Зависимость специфической адгезии F_c от температуры литья T_p (а) и давления литья P_l (б) в литьевых соединениях ПВХ-пластиката с подложками из полиэтилентерефталата (1); полиамида (2); кератина (3); желатина (4); целлофана (5); полипропилена (6).

Таким образом, получены данные о специфической адгезии в литьевых соединениях подошвенного ПВХ-пластиката с модельными подложками материалов верха обуви. Эти данные, во-первых, дают оценку адгезионной способности материалов литьевых соединений, и, во-вторых, показывают влияние на исследуемый параметр режимов литьевого формования.

Однако полученные результаты не означают, что прочность литьевых соединений с волокнистыми материалами находится в таком же соотношении в зависимости от их химической природы, а влияние факторов T_p и P_l аналогично. Прочность реальных систем материалов сильно зависит от структуры и состояния их поверхности, которые определяют механическую составляющую адгезии.

5.2 Прогнозирование прочности литьевого крепления

Полученные в подразделе 5.1 закономерности являются, по существу, показателем потенциальной способности материалов верха образовывать литьевые соединения того или иного уровня прочности с данной подошвенной композицией.

В главе 4 показано, что прочность литьевых соединений обувных материалов существенно зависит от поверхностной структуры материалов верха и режимов прямого литья. Полученные экспериментальные данные являются надежной основой для разработки математических моделей прочности литьевого крепления. Эти данные свидетельствуют о том, что

основными факторами прочности литьевого крепления являются температура расплава, давление формования и поверхностное заполнение тканей или пористость кожи для верха обуви.

Поставленная задача относится к многофакторной, решение которой наиболее эффективно с применением экспериментально-статистических методов планирования и анализа эксперимента [101, 103]. Эти методы успешно применены и развиты при анализе прочности клеевых соединений обувных материалов [32, 104].

Рассмотрим построение модели прочности литевых соединений ПВХ-пластикатов с хлопчатобумажными тканями для верха обуви. Выбор хлопчатобумажных тканей обусловлен не только их широким применением для верха обуви литьевого метода крепления, но и возможностями подбора для экспериментальных исследований материалов одинаковой поверхностной структуры, но разного поверхностного заполнения.

Таким образом, задача состоит в анализе температуры расплава T_p , давления литья P_l и поверхностного заполнения тканей E_s с целью оптимизации прочности F литьевого скрепления. Для анализа процесса формирования механической составляющей адгезионной связи в литевых соединениях исследовалось также влияние факторов T_p , P_l и E_s на глубину h проникновения подошвенной композиции в структуру материалов верха.

Диапазон варьирования факторов T_p и P_l обоснован в подразделе 4.3.2. Что касается поверхностного заполнения E_s , то среди хлопчатобумажных тканей для верха обуви нами подобраны материалы с E_s , изменяющимся от 67,8 (ткань полая отбеленная) до 101,8 (кирза двухслойная).

Предварительные эксперименты показали, что в исследуемом диапазоне варьирования факторов параметры оптимизации не описываются линейными моделями. Поэтому построение математической модели прочности литевых соединений проводили с помощью центрального композиционного ротатабельного планирования эксперимента второго порядка. Диапазоны и уровни варьирования исследуемых факторов приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Диапазон и уровни варьирования факторов прочности литевых соединений

Уровень варьирования	Факторы		
	$T_p, ^\circ\text{C}$ (X_1)	$P_l, \text{МПа}$ (X_2)	$E_s, \%$ (X_3)
+1,682	210	24	101,8
+1	197,8	19,5	94,9
0	180	13	84,8
-1	162,2	6,5	74,7
-1,682	150	2	67,8

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с матрицей планирования эксперимента второго порядка. Обработка

экспериментальных данных осуществлена на ПЭВМ с помощью программы Microsoft Excel. Рассчитав коэффициенты регрессии, дисперсию воспроизводимости, доверительный интервал варьирования и исключив незначимые коэффициенты, получены уравнения регрессии следующего вида:

– для литевых соединений тканей с монолитными ПВХ-пластикатами ПЛ-2

$$Y_{F_{\text{мон}}} = 7,409 + 1,119X_1 + 0,617X_2 - 0,891X_3 - 0,138X_1X_3 - 0,113X_2X_3 - 0,261X_1^2 - 0,314X_3^2; \quad (5.13)$$

$$Y_{h_{\text{мон}}} = 0,266 + 0,090X_1 + 0,0332X_2 - 0,0733X_3 + 0,0090X_1X_3 + 0,00738X_2X_3 + 0,0084X_1^2 - 0,0079X_2^2; \quad (5.14)$$

– с пористыми ПВХ-пластикатами ППП-2:

$$Y_{F_{\text{пор}}} = 6,356 + 0,936X_1 + 0,646X_2 - 0,840X_3 + 0,138X_2X_3 - 0,128X_1^2 - 0,221X_2^2 - 0,252X_3^2; \quad (5.15)$$

$$Y_{h_{\text{пор}}} = 0,225 + 0,081X_1 + 0,0393X_2 - 0,0548X_3 + 0,0116X_1X_3 + 0,0184X_1^2 - 0,0069X_2^2 - 0,0081X_3^2; \quad (5.16)$$

Преобразовав уравнения в типовую каноническую форму [18], представим их в именованных величинах:

– для литевых соединений с ПЛ-2:

$$F_{\text{мон}} = -41,033 + 0,3981T_p + 0,2007E_s + 0,0082P_l - 4,56 \cdot 10^{-4}T_pP_l + 0,001023P_lE_s - 8,24 \cdot 10^{-4}T_p^2 - 0,00109E_s^2 \quad (5.17)$$

$$h_{\text{мон}} = 1,0101 - 0,00701T_p - 0,01053E_s + 0,0043P_l + 2,97 \cdot 10^{-5}T_pE_s + 6,668 \cdot 10^{-5}P_lE_s + 2,651 \cdot 10^{-5}T_p^2 - 1,87 \cdot 10^{-4}P_l^2; \quad (5.18)$$

– для соединений с ППП-2:

$$F_{\text{пор}} = -19,0779 + 0,1980T_p + 0,1295P_l + 0,0822E_s + 0,001249P_lE_s - 4,040 \cdot 10^{-4}T_p^2 - 8,720 \cdot 10^{-4}E_s^2 - 5,231 \cdot 10^{-3}P_l^2; \quad (5.19)$$

$$h_{\text{пор}} = 0,3244 - 0,0026T_p - 0,003573E_s + 0,01029P_l + 6,452 \cdot 10^{-5}T_pE_s - 1,870 \cdot 10^{-4}P_l^2 + 2,6512 \cdot 10^{-5}T_p^2. \quad (5.20)$$

Из уравнений (5.13)-(5.20) следует, что зависимости $F=f(T_p, P_l, E_s)$ и $h=f(T_p, P_l, E_s)$ по величине и знакам коэффициентов регрессии, определяющих параметры оптимизации, идентичны. Это свидетельствует о качественной корреляции прочности литьевого крепления с глубиной проникновения полимера в структуру тканей.

Очевидно также, что наиболее значимым фактором является температура расплава. Однако для параметра h фактор E_s приближается по значимости к T_p . Следовательно, поверхностное заполнение E_s оказывает значительно большее влияние на глубину проникновения h ; его влияние на прочность литьевого крепления F проявляется в меньшей степени.

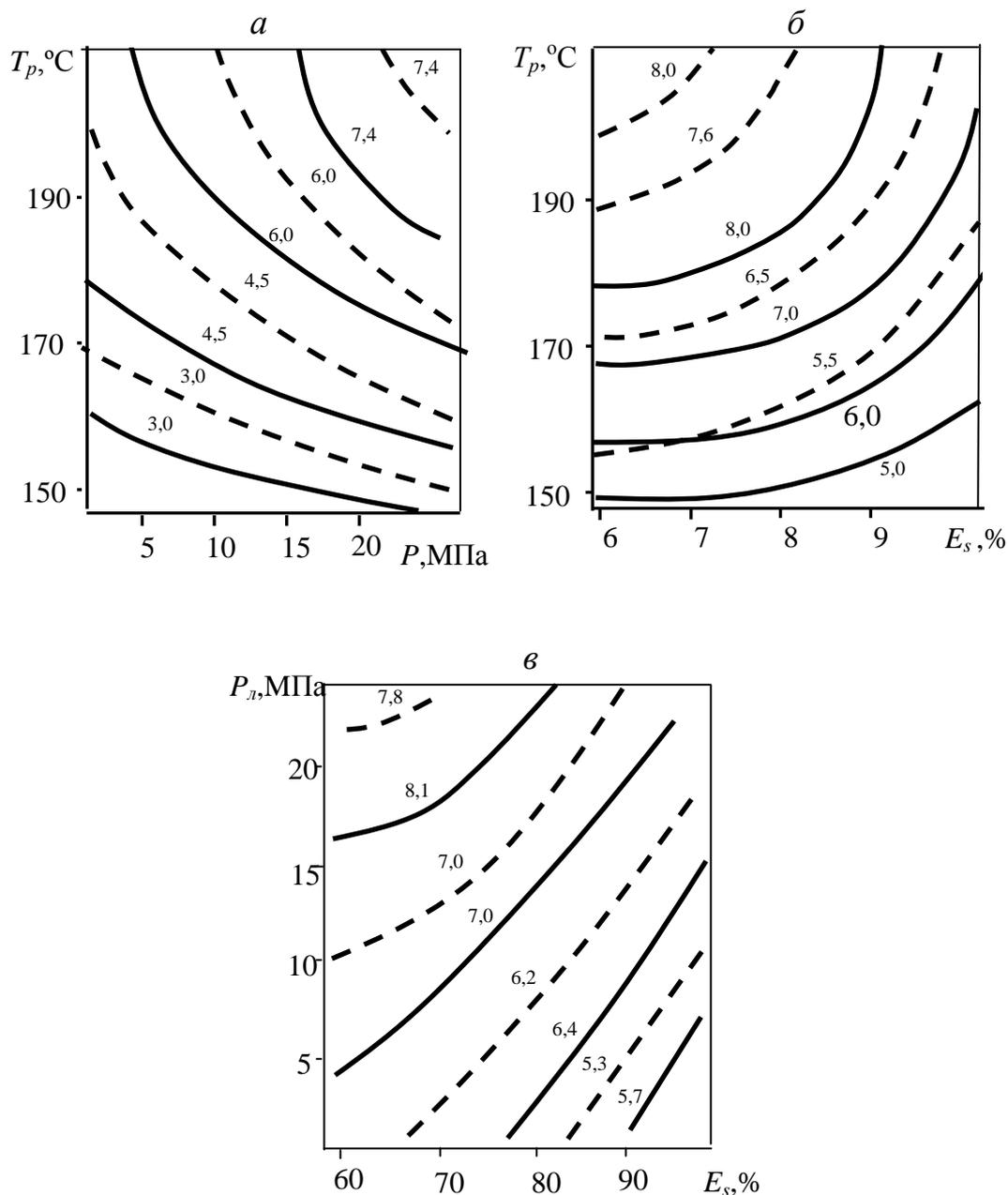


Рисунок 5.6 – Кривые равной прочности F литевых соединений хлопчатобумажных тканей с ПВХ-пластикатами ПЛ-2 (сплошные линии) и ПЛП-2 (пунктирные) в функции температуры расплава T_p и давления формования P_l при поверхностном заполнении $E_s=84,8\%$ (а), T_p и E_s ($P_l=13$ МПа) (б), P_l и E_s ($T_p=180^0\text{C}$) (в).
Цифры у кривых – значения F , кН/м.

Для литевых соединений с пористыми ПВХ-пластикатами роль фактора T_p менее значительна, а фактора P_d , наоборот, более существенна, чем при креплении с монолитными пластикатами. Для более детального качественного и количественного анализа полученных математических моделей и их интерпретации с позиций сущности прямого литья следует построить геометрические образы зависимостей. Их построение осуществлено на ПЭВМ с помощью прикладного программного пакета “Maple-6”.

Кривые равной прочности литевых соединений монолитных и пористых ПВХ-пластикатов с тканями в зависимости от исследуемых факторов представлены на рисунке 5.6. Эти кривые свидетельствуют о взаимосвязи факторов, которые, однако, по-разному влияют на параметр оптимизации.

По кривым равной прочности литевых соединений можно легко прогнозировать прочность литевого крепления и выбирать оптимальные режимы прямого литья низа на обувь. При этом заметим, что согласно кривым наибольшая прочность литевого крепления находится за пределами выбранных диапазонов варьирования факторов, а именно, в области высоких температур расплава и давления формования при низком поверхностном заполнении тканей. Уместно заметить, что температура расплава при прямом литье не превышает 190-200°C. При более высокой температуре интенсифицируются процессы термодеструкции подошвенных композиций, что приводит к снижению их когезионной прочности. Повышение давления формования ограничивается технологическими возможностями оборудования и вероятностью образования выпрессовок; к тому же его увеличение свыше 15-20 МПа не приводит к существенному росту прочности литевого крепления [90].

Более наглядно взаимосвязь факторов прочности литевого крепления иллюстрируется поверхностью равной прочности, представленной на рисунке 5.7. Из иллюстрации следует, что наиболее значимым фактором является температура расплава, а для соединений с пористыми композициями также и давление формования. Поверхностное заполнение тканей также в большей степени влияет на прочность литевых соединений с подошвенными композициями.

Обобщенная картина влияния температуры расплава и давления формования на прочность литевого крепления при среднем значении поверхностного заполнения ткани представлена на рисунке 5.8. Эта картина дополняется количественными данными в виде зависимостей влияния одного фактора на прочность литевого крепления при средних значениях двух других (рисунок 5.9). На этой же иллюстрации представлены зависимости прочности литевого крепления ПВХ-пластикатов с целлофановой подложкой. Зависимости показывают различное влияние факторов процесса на прочность литевого крепления монолитных и пористых композиций с тканями и целлофановой подложкой.

Так, с повышением температуры расплава рост прочности скрепления тканей с пористой композицией менее значителен из-за более интенсивного

выделения порообразующих газов, препятствующих формированию адгезионного контакта. Напротив, рост давления формования ведет к более значительному повышению прочности литьевого скрепления с пористыми композициями, поскольку, при этом замедляется выделение порообразующих газов (рисунок 5.9 б). С повышением поверхностного заполнения тканей прочность литьевого крепления монолитных и пористых ПВХ-пластикатов снижается вследствие уменьшения плотности адгезионного контакта и снижения механических эффектов скрепления (образование зацепов и соединений типа муфт и стержней).

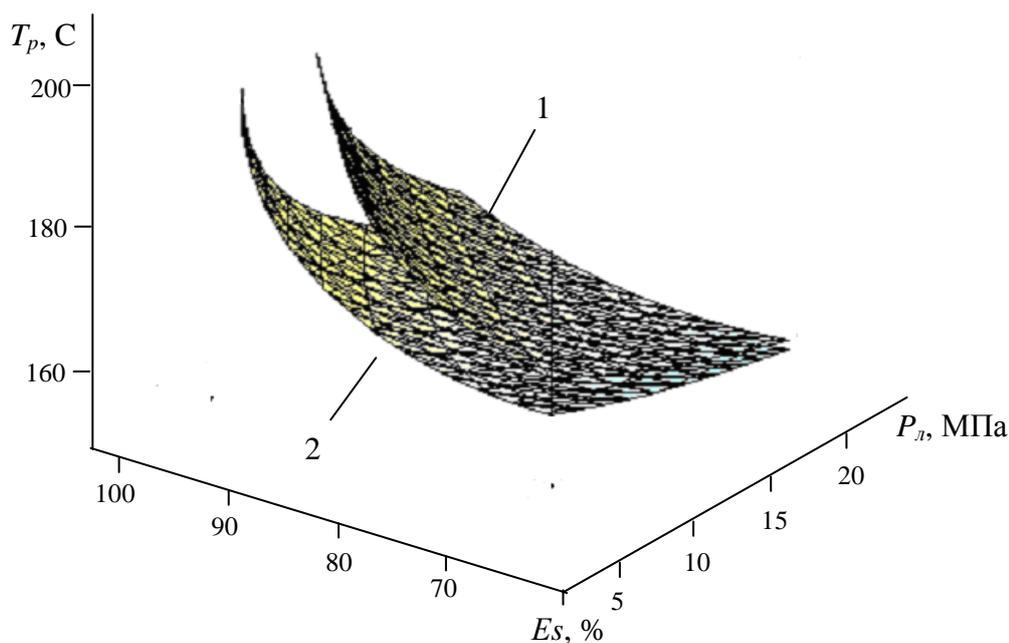


Рисунок 5.7 – Поверхность равной прочности ($F=5,8 \text{ кН/м}$) литевых соединений пористого (1) и монолитного (2) ПВХ-пластикатов с тканями в функции T_p , P_l и E_s

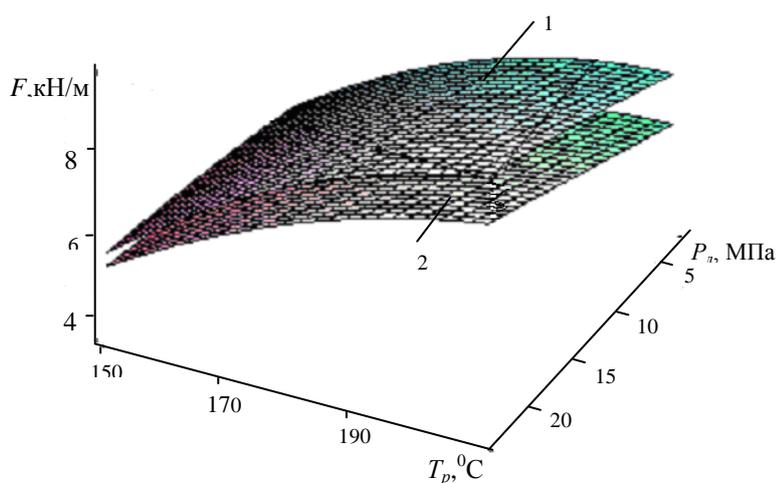


Рисунок 5.8 – Зависимость прочности F литевых соединений ткани ($E_s=84,8\%$) с монолитным (1) и пористым (2) ПВХ-пластикатами от температуры расплава T_p и давления литья P_l

Повышение поверхностного заполнения тканей приводит к снижению разницы прочности литевых соединений тканей с монолитными и пористыми композициями (рисунок 5.9 в), поскольку возможности проникновения расплава в структуру ткани при этом все более ограничиваются.

Сопоставление зависимостей показывает степень влияния режимов литья на изменение прочности литевого крепления с тканями и пленочной подложкой. Повышение температуры расплава приводит к существенному росту прочности литевого крепления с тканями. При этом заметно возрастает и прочность скрепления с целлофаном, что объясняется интенсификацией специфического молекулярного взаимодействия скрепляемых материалов.

Увеличение давления формования дает менее значительный рост прочности литевого крепления с тканями. Специфическая же адгезия к целлофану возрастает незначительно, поскольку это приводит лишь к более плотному адгезионному контакту с пленочной подложкой.

Вклад исследуемых факторов в изменение прочности литевого крепления наглядно иллюстрируется совмещенными зависимостями $F=f(T_p, P_{\text{л}}, E_s)$, представленными на рисунке 5.10. Из этого рисунка, очевидно, что наиболее мощным фактором повышения прочности литевого крепления является температура расплава, в меньшей степени – давление формования.

Из рассмотренных зависимостей следует, что прочность F литевых соединений с тканями различного поверхностного заполнения в 4-10 раз превышает прочность F_c скрепления с целлофаном. Однако эту разницу не следует относить только на счет механических эффектов – образованию зацепов и соединений типа муфт и заклепок. Существенной причиной этого явления следует считать увеличение истинной площади адгезионного контакта, которая в литевых соединениях может значительно возрастать за счет проникновения адгезива и подошвенной композиции в структуру материалов верха. Особенности формирования адгезионного контакта в литевых соединениях подробно рассмотрены в подразделе 4.2.

С другой стороны, не следует забывать, что высокая прочность литевого крепления с волокнистыми материалами возможна лишь при удовлетворительной специфической адгезии соединяемых материалов. В исследовательской практике известны примеры низкой прочности адгезионного крепления даже при глубоком внедрении адгезива в структуру субстрата. Очевидно, что это обусловлено слабым специфическим взаимодействием материалов [24].

Эти соображения подтверждаются зависимостью глубины проникновения подошвенных композиций в структуру тканей от исследуемых факторов. На рисунках 5.11-5.15 представлены соответствующие зависимости глубины проникновения расплава подошвенных композиций в структуру тканей от факторов процесса прямого литья. Сопоставление геометрических образов зависимостей $F=f(T_p, P_{\text{л}}, E_s)$ (рисунки 5.6-5.9) и $h=f(T_p, P_{\text{л}}, E_s)$ (рисунки 5.11-5.14) показывают их качественную корреляцию. Однако относительное изменение параметров F и h различается.

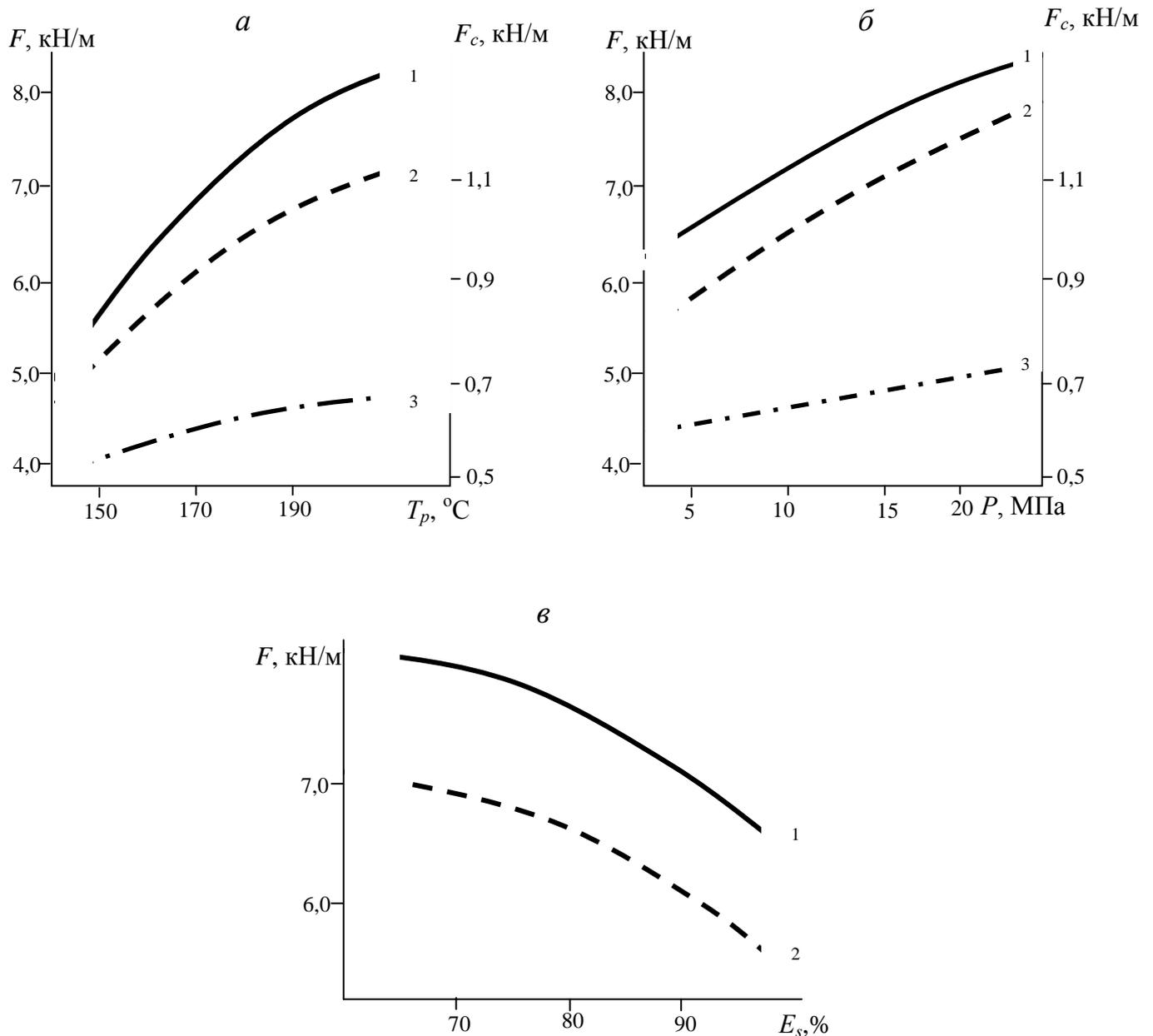


Рисунок 5.9 – Зависимость прочности литевых соединений тканей F и целлофана F_c с ПВХ-пластикатами от T_p при $P_l=13$ МПа, $E_s=84,8\%$ (а), P_l ($T_p=180^\circ\text{C}$, $E_s=84,8\%$) (б) и E_s ($T_p=180^\circ\text{C}$, $P_l=13$ МПа) (в): **1** и **2** – соединения тканей с ПЛ-2 и ПЛП-2 соответственно; **3** – ПЛ-2 с целлофаном.

Для количественной оценки этого различия представим изменение параметров F и h в зависимости от факторов T_p , P_l , E_s в относительных единицах. Для этого обозначим относительные изменения параметров F и h в зависимостях от T_p как $\Delta F_{T_p}=(F_{T_p}-F_{150^\circ\text{C}})/F_{150^\circ\text{C}}$ и $\Delta h_{T_p}=(h_{T_p}-h_{150^\circ\text{C}})/h_{150^\circ\text{C}}$, в зависимостях от P_l в виде $\Delta F_{P_l}=(F_{P_l}-F_{2\text{МПа}})/F_{2\text{МПа}}$ и $\Delta h_{P_l}=(h_{P_l}-h_{2\text{МПа}})/h_{2\text{МПа}}$, от E_s в виде $\Delta F_{E_s}=(F_{E_s}-F_{101,8\%})/F_{101,8\%}$ и $\Delta h_{E_s}=(h_{E_s}-h_{101,8\%})/h_{101,8\%}$, где нижние индексы – значения факторов T_p , P_l и E_s на текущем или нижнем уровнях, которые дают величины параметров F и h .

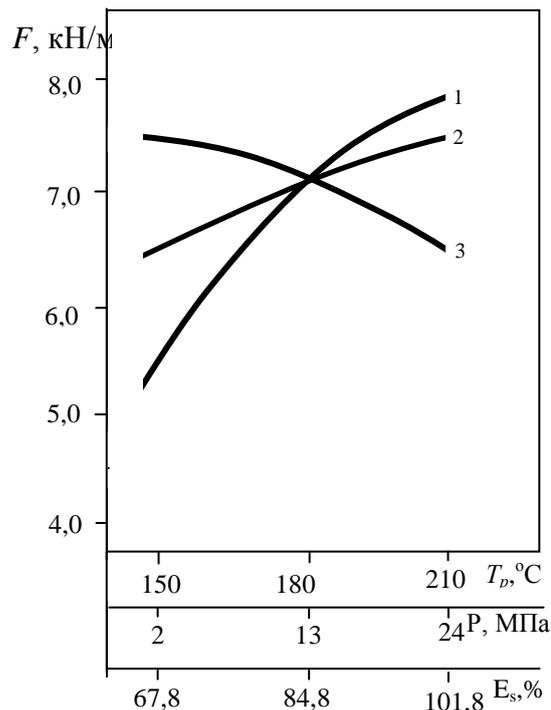


Рисунок 5.10 – Влияние факторов T_p (1), P_l (2) и E_s (3) на прочность F литьевых соединений

Соответствующие зависимости параметров F и h , представленные в относительных единицах, приведены на рисунке 5.16. Из этого рисунка следует, что в относительных единицах глубина проникновения подошвенного полимера в структуру тканей в большей степени зависит от исследуемых факторов процесса, чем прочность литьевых соединений. Этого и следовало ожидать, поскольку увеличение глубины проникновения не означает пропорциональное повышение площади адгезионного контакта соединяемых материалов. Кроме того, с ростом параметра h , вероятно, в большей степени происходит деформация нанесенного на материал верха клевого слоя, и даже его разрыв. Последнее наблюдалось на микрофотографиях поперечных срезов образцов литьевых соединений (рисунок 4.4). Если же учесть, что с изменениями факторов T_p и P_l происходят и другие физико-химические процессы, обусловленные многогранностью явления адгезии, то станет понятной отсутствие количественной корреляции параметров F и h .

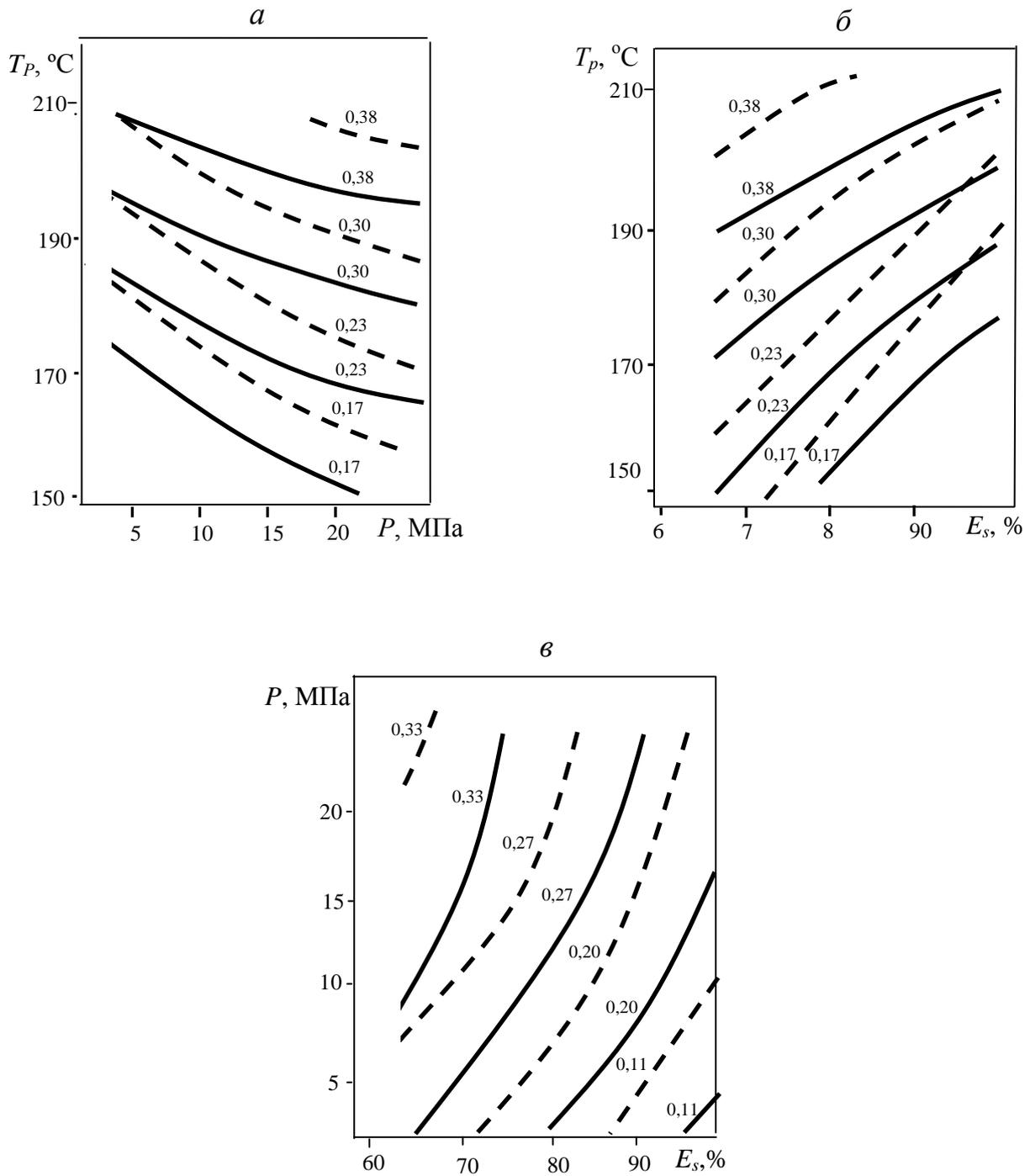


Рисунок 5.11 – Кривые равной глубины h проникновения подошвенной композиции в ткани в литевых соединениях с монолитными (сплошные линии) и пористыми (пунктирные) ПВХ-пластикатами в функции T_p и P_l при $E_s=84,8\%$ (*a*), T_p и E_s ($P_l=13 \text{ МПа}$) (*б*), P_l и E_s ($T_p=180^\circ\text{C}$) (*в*). Цифры у кривых – значения h , мм.

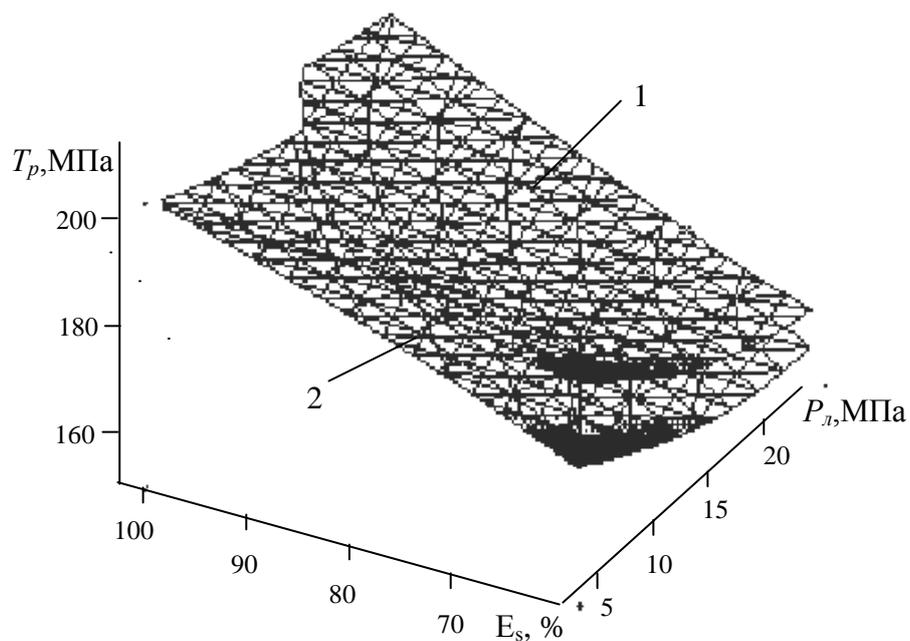


Рисунок 5.12 – Поверхность равной глубины проникновения ($h=0,3$) в литевых соединениях пористого (1) и монолитного (2) ПВХ-пластиков с тканями в функции T_p , P_ϕ и E_s

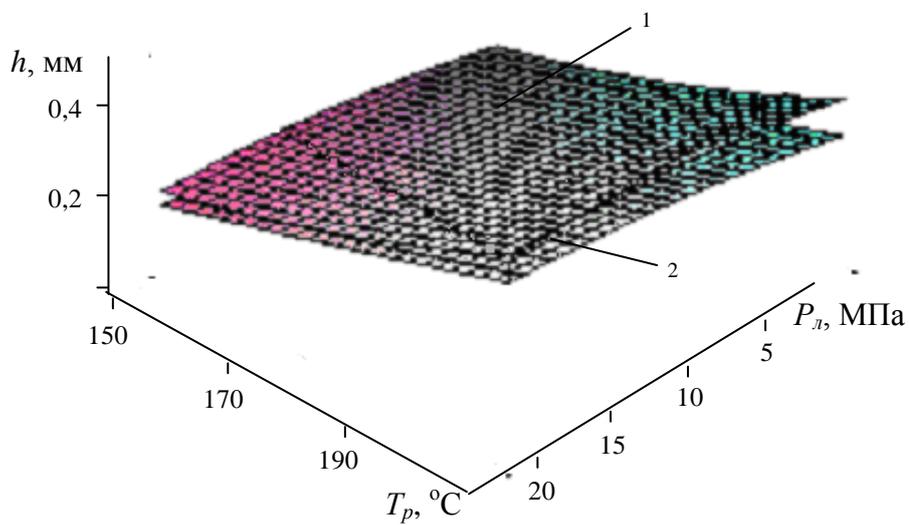


Рисунок 5.13 – Зависимость глубины h проникновения монолитного (1) и пористого (2) ПВХ-пластиков от T_p и P_l в ткань с $E_s=84,8\%$

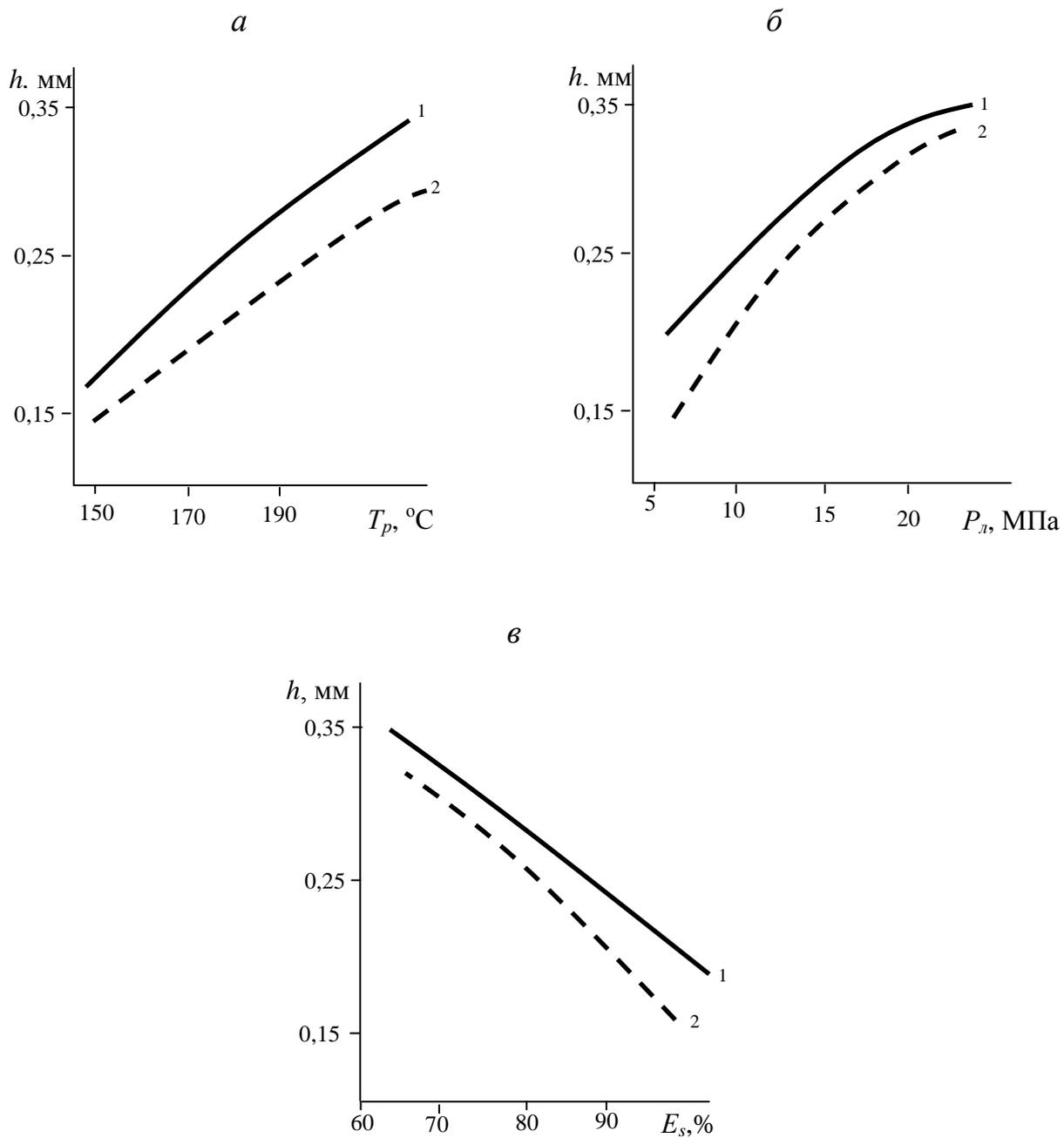


Рисунок 5.14 – Зависимость глубины h проникновения монолитного (кривые **1**) и пористого (**2**) от T_p при $P_n=13$ МПа, $E_s=84,8\%$ (а), P_n ($T_p=180^{\circ}\text{C}$, $E_s=84,8\%$) (б) и E_s ($T_p=180^{\circ}\text{C}$, $P_n=13$ МПа) (в).

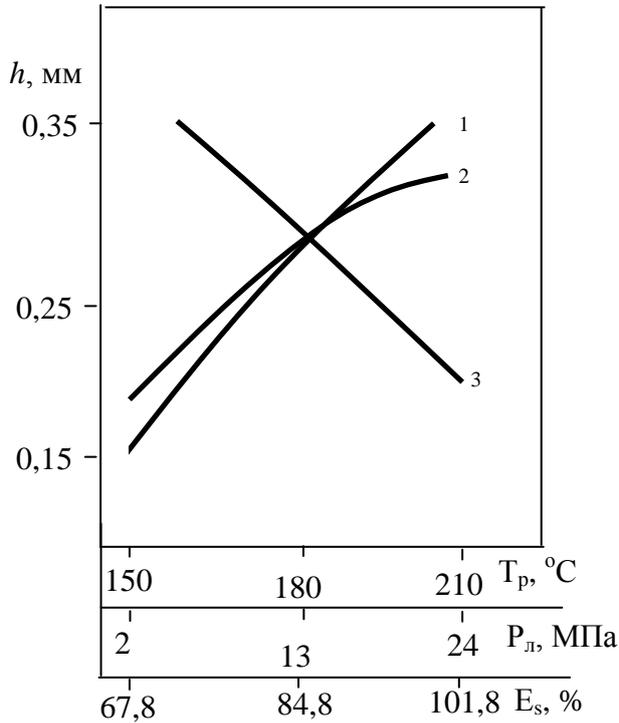


Рисунок 5.15 – Влияние факторов T_p (1), P_l (2) и E_s (3) на глубину h проникновения подошвенной композиции в структуру тканей

В заключении отметим, что полученные количественные данные о факторах прочности литевых соединений соответствуют ПВХ-пластикатам определенной рецептуры и хлопчатобумажным тканям без их поверхностной обработки. При разработке математических моделей не представлялось возможным учесть рецептурные факторы подошвенных композиций, влияющих на количественные результаты исследуемых параметров. Анализ рецептурных факторов, как уже отмечалось выше, представляет собой отдельную проблему. К тому же данные особенности рецептуры производители подошвенных материалов, как правило, не публикуют. Кроме того, рецептура подошвенных полимерных композиций постоянно совершенствуется с целью повышения их технологических, физико-механических свойств и прочности литевого крепления.

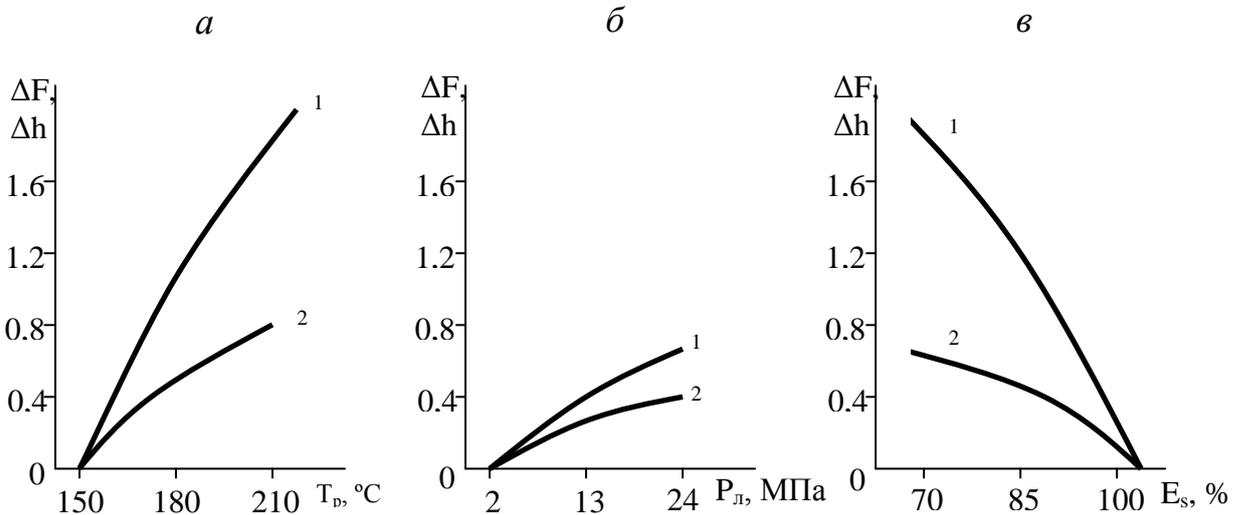


Рисунок 5.16 – Относительное изменение прочности ΔF литевого крепления (кривые 2) и глубины проникновения Δh (1) от T_p (а), P_l (б) и E_s (в)

Другим аспектом возможного отклонения расчетных данных прочности литевых соединений от их действительных значений может быть обработка материалов верха специальными составами для придания им водо-, грязе- и

пылеотталкивающих свойств. Такая обработка, как правило, приводит к снижению прочности литьевого крепления, степень которого определяется видом обрабатываемых средств. Учесть в математических моделях этот фактор также не представлялось возможным из-за отсутствия точных данных его влияния на исследуемые параметры.

Однако это не означает, что полученные нами закономерности не действительны для других рецептур ПВХ-пластикатов и обработанных материалов верха обуви. Качественная картина установленных зависимостей, безусловно, остается прежней, поскольку речь идет о ПВХ-пластикатах, имеющих одну и ту же полимерную основу и одинаковые неполимерные компоненты. В этой связи уместно отметить, что закономерности исследованных параметров сохраняются и для литевых соединений с композициями на основе термоэластопластов (рисунки 3.6 и 3.8). Это позволяет утверждать, что установленные закономерности обусловлены прежде всего самим процессом прямого литья и специфическими особенностями формирования литевых соединений.

В свете сказанного учет рецептурных факторов и влияния поверхностной обработки материалов верха может быть проведен путем экспериментального определения и ввода поправочных коэффициентов для корректировки значений параметров прочности литьевого крепления, что представляет несложную лабораторную задачу.

Таким образом, разработаны математические модели прогнозирования прочности литевых соединений обувных материалов. Полученные закономерности расширяют представления о формировании адгезионной связи в литевых соединениях и позволяют прогнозировать их прочность.

При двукратной намазке клеем "проблемных" материалов верха обуви, очевидно, имеют место иные закономерности. Это обусловлено тем, что в этом случае этапы и условия формирования литевых соединений отличаются от традиционных, которые представлены на рисунке 1.1. Отличаются также и регулируемые факторы прочности литьевого соединения (см. рисунок 1.2). Построение математической модели прочности литевых соединений при двукратной намазке клеем материалов верха рассмотрено ниже.

5.3 Модель прочности литьевого крепления при двукратной намазке клея материалов верха обуви

Рассмотрим построение математической модели прочности литевых соединений ПВХ-пластикатов с хлопкоамидной тканью и двухслойной кирзой при двукратной намазке клеем и термоактивации клеевой пленки. Выбор хлопкоамидной ткани и двухслойной кирзы обусловлен тем, что эти ткани наиболее ярко характеризуют различный состав и поверхностную структуру материала, что в свою очередь определяет прочность литьевого соединения. Как было отмечено выше, кирза – это хлопчатобумажная ткань плотной структуры с относительно гладкой поверхностью, хлопкоамидная – смесовая

ткань рыхлой структуры с рельефной поверхностью. Показатель поверхностного заполнения E_s , этих тканей приведен в таблице 4.2. Литьевые соединения ПВХ-пластиката с натуральной кожей при построении математической модели не рассматривали из-за отсутствия существенного повышения прочности литьевого крепления при двукратной намазке и термоактивации клеевой пленки (таблица 4.2).

Как отмечалось выше, сушка клеевого слоя после первой намазки осуществляется в естественных условиях и ее продолжительность лимитируется тактом работы агрегата. Поэтому режимы сушки после первой намазки, как фактор, влияющий на параметр оптимизации, не рассматривался. Задача состоит в анализе продолжительности τ_c сушки после второй намазки, температуры интенсифицированной сушки T_c после второй намазки и температуры термоактивации T_a с целью оптимизации прочности F литьевого крепления.

Для обоснования диапазонов варьирования исследуемых параметров был проведен предварительный эксперимент по оценке эффективности интенсифицированной сушки и термоактивации клеевой пленки для хлопкоамидной ткани и кирзы (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Результаты исследования влияния интенсифицированной сушки и термоактивации на прочность литевых соединений

Количество намазок	Режимы сушки	Режимы термоактивации	Материал верха	Прочность литьевого крепления F , Н/м
Однократная намазка.	Сушка в естественных условиях, продолжительность сушки 4 минуты	-	Хлопкоамидная ткань	3,62±0,31
			Кирза	2,45±0,29
Двукратная намазка*.	Сушка в естественных условиях, продолжительность сушки 5-6 минут	-	Хлопкоамидная ткань	6,37±0,54
			Кирза	5,05±0,45
Двукратная намазка*.	Интенсифицированная сушка при температуре 60-80°C, продолжительность сушки 1 минута	-	Хлопкоамидная ткань	7,97±0,65
			Кирза	4,32±0,35
Двукратная намазка*.	Интенсифицированная сушка при температуре 60-80°C, продолжительность сушки 1 минута	Температура термоактивации 120°C, продолжительность 5-6 секунд.	Хлопкоамидная ткань	9,19±0,75
			Кирза	4,52±0,33

* - Режимы сушки после первой намазки соответствуют режимам сушки при однократной намазке

Следует отметить, что интенсифицированная сушка после второй намазки в большей степени способствует повышению прочности литевых соединений с хлопкоамидной тканью. С целью выявления закономерностей влияния температуры сушки и термоактивации на прочность литевых соединений выбраны более широкие, чем при клеевом методе крепления, диапазоны варьирования факторов T_c и T_a . В клеевом методе крепления интенсифицированную сушку рекомендуется проводить в диапазоне температур 60-80°C, а термоактивацию – при температуре 90-110°C [39]. Для построения математических моделей диапазон варьирования температуры сушки и термоактивации выбран в интервале 20-140°C и 20-160°C соответственно. К обоснованию интервалов варьирования температуры сушки и температуры термоактивации добавим, что при $T=20^\circ\text{C}$ отсутствуют интенсифицированная сушка и термоактивация, а при $T>140-160^\circ\text{C}$ возможно разрушение поверхностной структуры материала и изменение технологических характеристик клеевой пленки, что обусловлено их термостабильностью. Длительность этапов сушки клеевого слоя после первой и второй намазок принимали для условий работы 18-ти позиционного литевого агрегата карусельного типа. Диапазон варьирования продолжительности сушки после второй намазки составляет 2-7 минут, что связано с тактом работы литевого агрегата. Продолжительность интенсифицированной сушки изменяли в этом же диапазоне времени сушки после второй намазки, т.е. от 2 до 7 минут, для определения ее оптимальных значений.

Предварительные эксперименты показали, что в исследуемом диапазоне варьирования факторов параметры оптимизации не описываются линейными моделями. Поэтому экспериментальные исследования проводили в соответствии с матрицей планирования эксперимента второго порядка. Диапазон и уровни варьирования факторов прочности литевых соединений приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Диапазон и уровни варьирования факторов прочности литевого соединения

Уровень варьирования фактора	Фактор		
	τ_c , мин (X_1)	T_c , °C (X_2)	T_a , °C (X_3)
+1,682	7	140	160
+1	6	115,7	131,6
0	4,5	80	90
-1	3	44,3	48,4
-1,682	2	20	20
Интервал варьирования	2.5	60	70

Обработку экспериментальных данных проводили на ПЭВМ с помощью программы Microsoft Excel. Полученные уравнения регрессии в кодированной форме и именованных величинах имеют вид:

– для литевых соединений хлопкоамидной ткани с ПВХ-пластиком ПЛ-2:

$$Y=7,331+0,210X_2-0,775 X_1 X_2-0,335 X_2 X_3-0,511 X_1^2-0,402 X_2^2-0,304 X_3^2 \quad (5.21)$$

$$F=-6,91927+3,29706\tau_c+0,14076T_c+0,02064T_a-0,01447\tau_c T_c-0,00088\tau_c T_a-0,00023T_c T_a-0,22391\tau_c^2-0,00031T_c^2 \quad (5.22)$$

– для литевых соединений двухслойной кирзы с ПВХ-пластиком ПЛ-2:

$$Y=3,39+0,4702 X_1+0,01364 X_2+0,015 X_3+0,0438 X_1 X_2+0,2813 X_1 X_3-0,2438 X_2 X_3-0,198X_2^2-0,304 X_3^2 \quad (5.23)$$

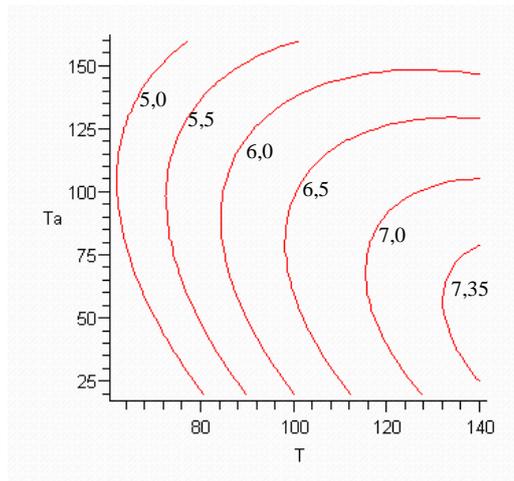
$$F=1,99443-0,21329\tau_c+0,03633T_c-0,00679T_a+0,00082\tau_c T_c+0,00451\tau_c T_a-0,00016T_c T_a+0,00618\tau_c^2-0,000161T_c^2 \quad (5.24)$$

Для качественного и количественного анализа полученных математических моделей и их интерпретирования с позиций сущности прямого литья построены геометрические образы зависимостей.

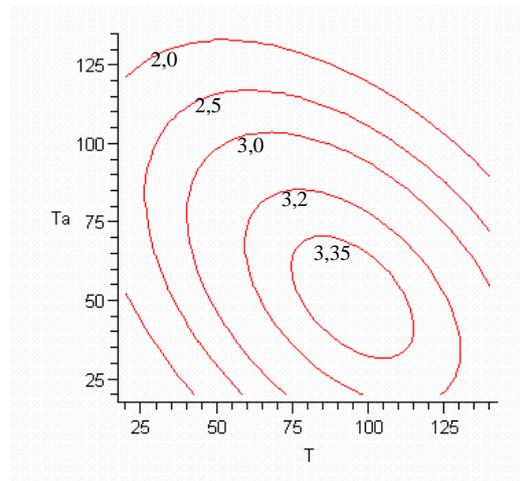
Кривые равной прочности литевых соединений ПВХ-пластиката с двухслойной кирзой и хлопкоамидной тканью в зависимости от исследуемых факторов представлены на рисунке 5.17. Эти кривые свидетельствуют о взаимосвязи факторов T_a и T_c , которые, однако, по-разному влияют на параметр оптимизации. При этом заметим, что согласно кривым, наибольшая прочность литевого крепления ПВХ-пластиката с хлопкоамидной тканью лежит в выбранных диапазонах варьирования факторов и с повышением температуры сушки уменьшается ее продолжительность. Однако влияние температуры сушки клеевой пленки на адгезионную прочность литевых соединений с различными материалами различно. Для материалов верха из натуральных волокон (кирза) позитивное влияние роста температуры сушки T_c , замедляется при достижении температуры 100-110°C. По-видимому, это связано с изменением структуры материалов при повышенных температурах, т. к. при 150-170°C начинается их термическая и термоокислительная деструкция. Для достижения максимальной прочности литевых соединений ПВХ-пластиката с двухслойной кирзой $T_c=75-110^\circ\text{C}$ и с увеличением продолжительности сушки, температура сушки клеевой пленки незначительно смещается в меньшую сторону (рисунок 5.17). Напротив, при $T_c>110^\circ\text{C}$ адгезионная способность к материалам содержащим синтетические волокна (хлопкоамидная ткань), имеющих высокую температуру плавления более существенна, что свидетельствует об интенсификации диффузионных процессов при формировании адгезионной связи литевых соединений. Что касается температуры активации T_a , то в исследуемых пределах ее влияние зависит от продолжительности и температуры интенсифицированной сушки.

Таким образом, по кривым равной прочности литевых соединений можно определять максимальную прочность литевого крепления и выбирать оптимальные режимы прямого литья низа на обувь.

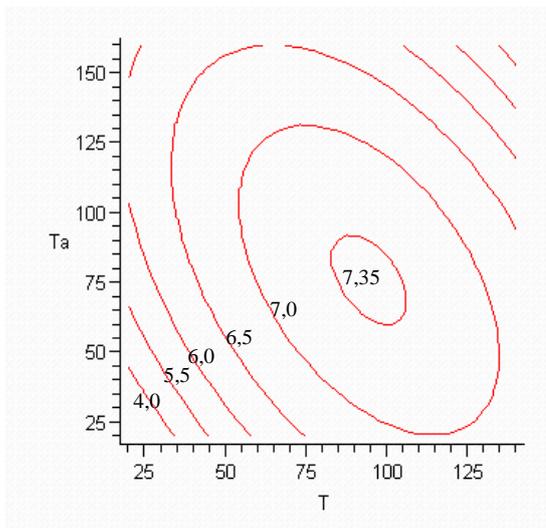
Обобщенная картина влияния температуры и продолжительности сушки после второй намазки, температуры термоактивации клеевой пленки на прочность литьевого крепления представлена на рисунках 5.18-5.20.



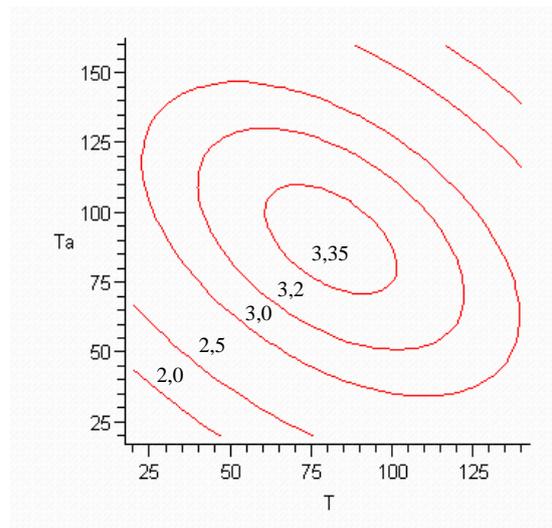
a



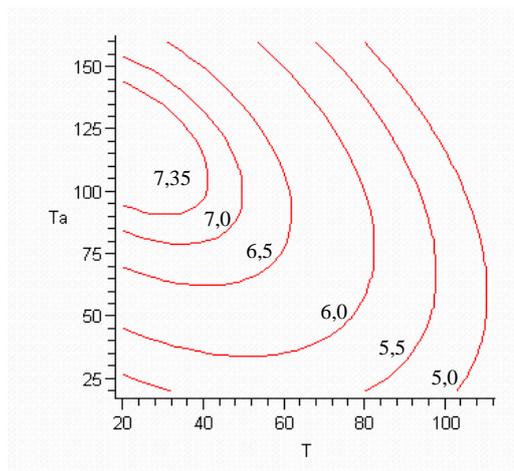
б



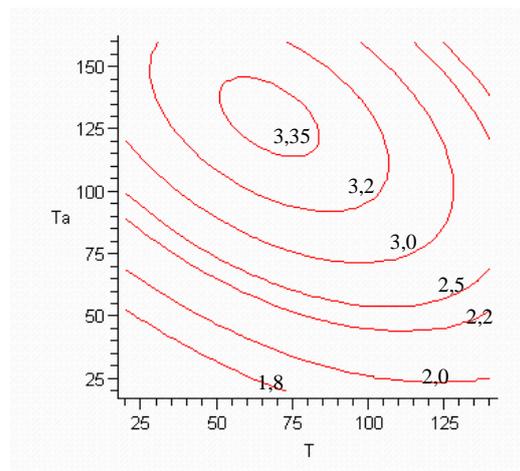
в



г



д



е

Рисунок 5.17 – Кривые равной прочности литевых соединений хлопкоамидной ткани (а, в, д) и двухслойной кирзы (б, г, е) с ПВХ-пластиком: а и б – $\tau_c=2$ мин; в и г – $\tau_c=4,5$ мин; д и е – $\tau_c=7$ мин.
Цифры у кривых – значения прочности литевого крепления, кН/м

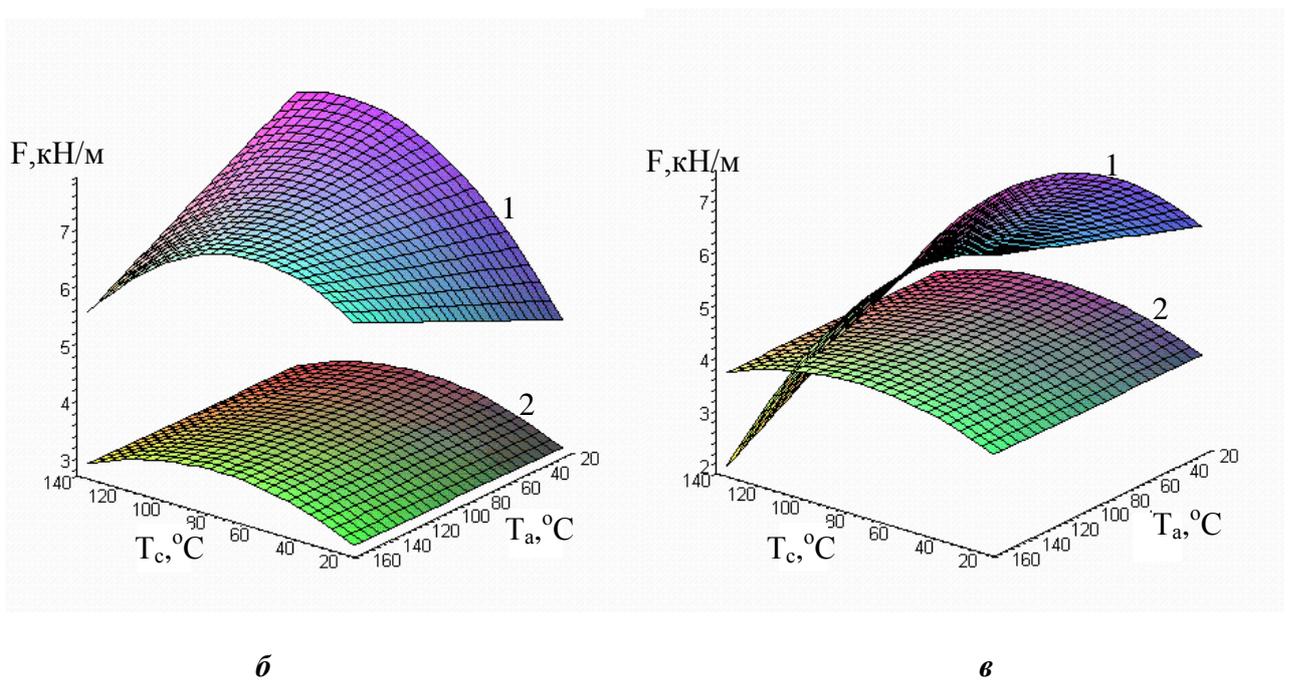
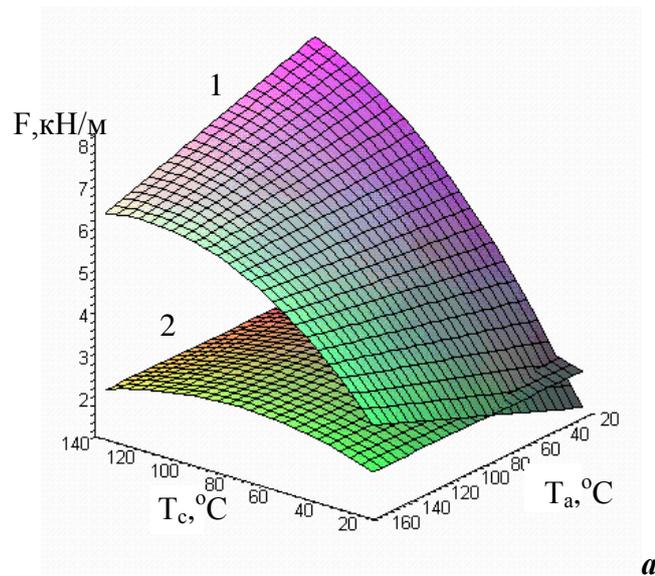
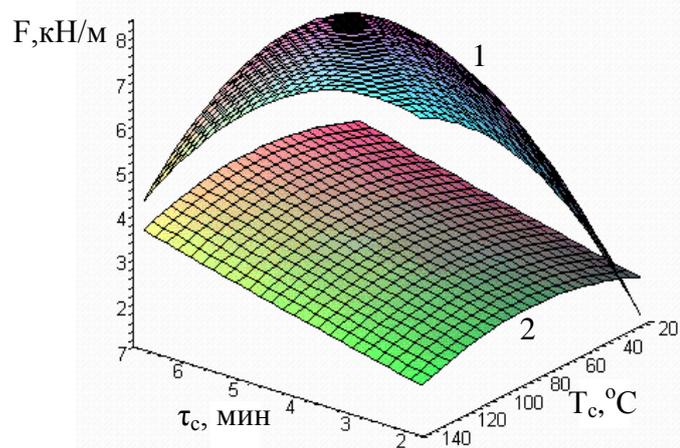
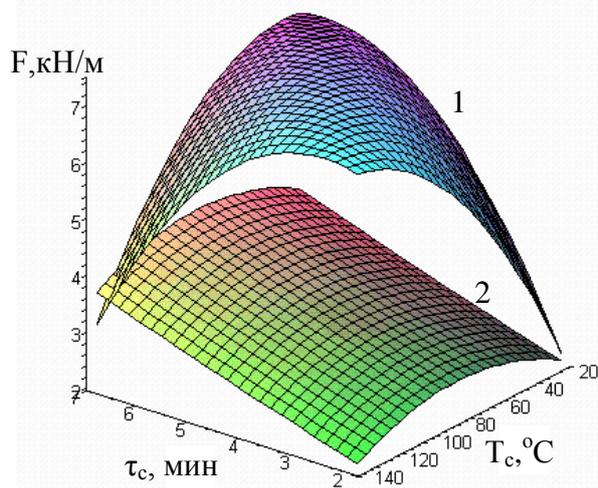


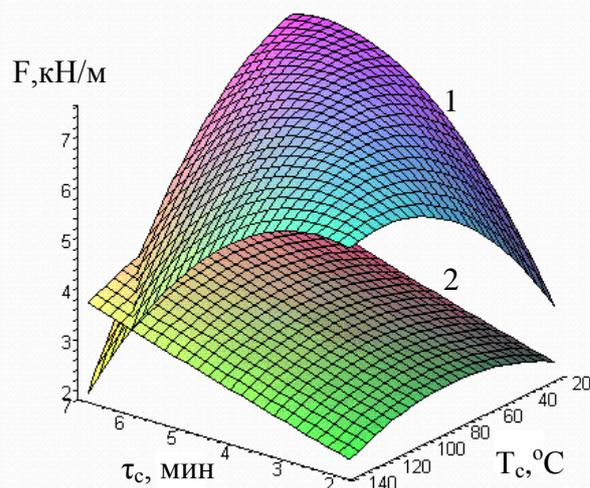
Рисунок 5.18 – Зависимость прочности литевых соединения хлопкоамидной ткани (1) и двухслойной кирзы (2) с ПВХ-пластиком от температуры сушки T_c и температуры активации T_a при продолжительности сушки после второй намазки τ_c :
a – $\tau_c=2$ мин.; *б* – $\tau_c=4,5$ мин.; *в* – $\tau_c=7$ мин



a



б



в

Рисунок 5.19 - Зависимость прочности литевых соединения хлопкоамидной ткани (1) и двухслойной кирзы (2) с ПВХ-пластикатом от температуры сушки T_c и продолжительности сушки после второй намазки τ_c при температуре активации T_a :
a - $T_a=20^\circ\text{C}$; *б* - $T_a=90^\circ\text{C}$; *в* - $T_a=160^\circ\text{C}$

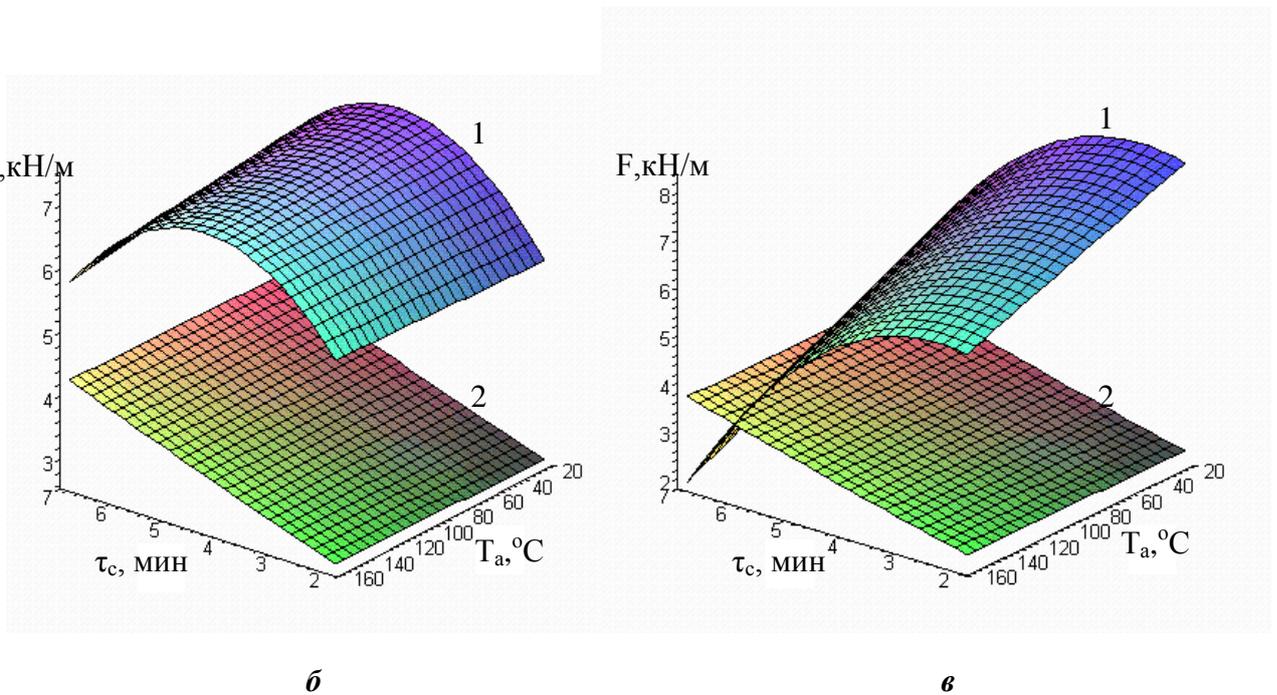
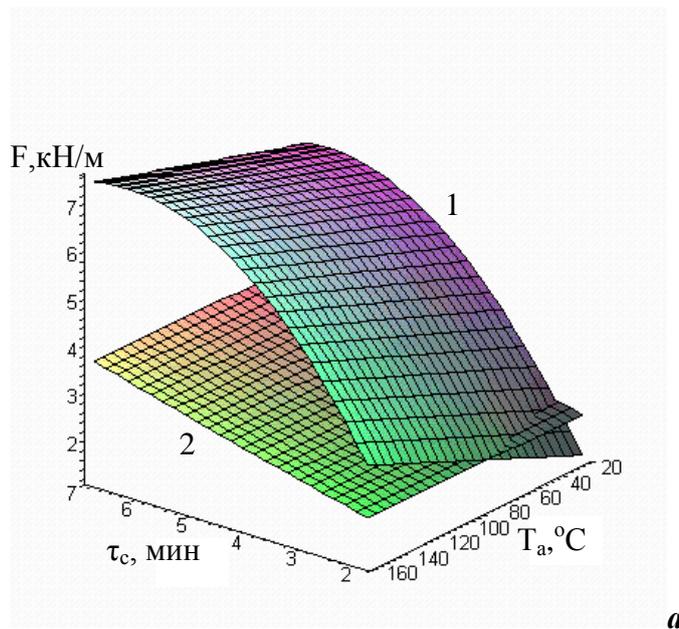


Рисунок 5.20 – Зависимость прочности литевых соединения хлопкоамидной ткани (1) и двухслойной кирзы (2) с ПВХ-пластикатом от температуры активации T_a и продолжительности сушки после второй намазки τ_c при температуре сушки T_c :
a – $T_c=20^\circ\text{C}$; *б* - $T_c=80^\circ\text{C}$; *в* - $T_c=140^\circ\text{C}$

Представленные зависимости свидетельствует о том, что для хлопкоамидной ткани с уменьшением времени сушки максимальная прочность литевого крепления достигается при повышении температуры сушки и снижении температуры термоактивации, вплоть до ее исключения, когда $T_a=20^\circ\text{C}$. В свою очередь при снижении температуры сушки необходима термоактивация клевого слоя при более высоких температурах. Для двухслойной кирзы максимальные значения прочности литевого крепления

наблюдаются при средних значениях температуры сушки $T_c=60-90^\circ\text{C}$. Температура термоактивации существенного влияния на прочность литьевого крепления не оказывает, а при ее повышении более 110°C , наблюдается снижение прочности литьевого соединения. Такое влияние температуры активации клеевой пленки на прочность литьевого соединения можно объяснить поверхностной структурой двухслойной кирзы, которая является более плотной и гладкой по сравнению с хлопкоамидной тканью. Поэтому необходимая липкость клеевой пленки, имеющей сравнительно небольшую толщину и разнотолщинность, обеспечивается в необходимой мере при контакте клевого слоя с расплавом литевой смеси при приливании материала низа.

Количественные данные о влиянии времени сушки, температуры термоактивации и температуры сушки на прочность литьевого крепления ПВХ-пластиката с хлопкоамидной тканью и двухслойной кирзой представлены на рисунках 5.21 и 5.22.

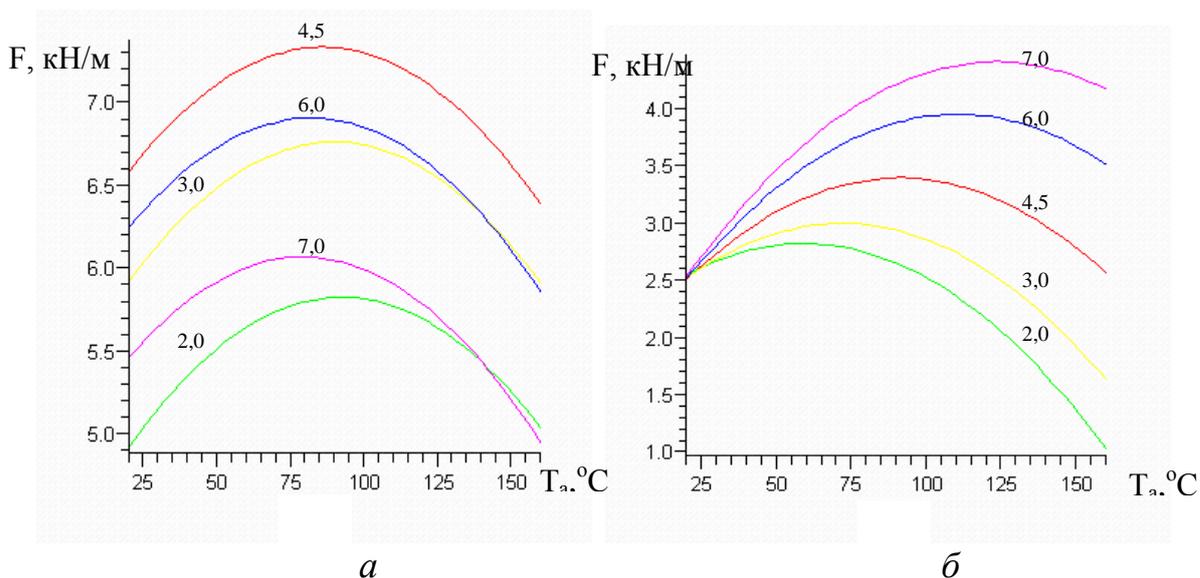


Рисунок 5.21 – Зависимость прочности литевых соединений: хлопкоамидной ткани (а), двухслойной кирзы (б) с ПВХ-пластикатом от температуры термоактивации при температуре сушки $T_c=80^\circ\text{C}$.

Цифры у кривых – значения продолжительности сушки, мин.

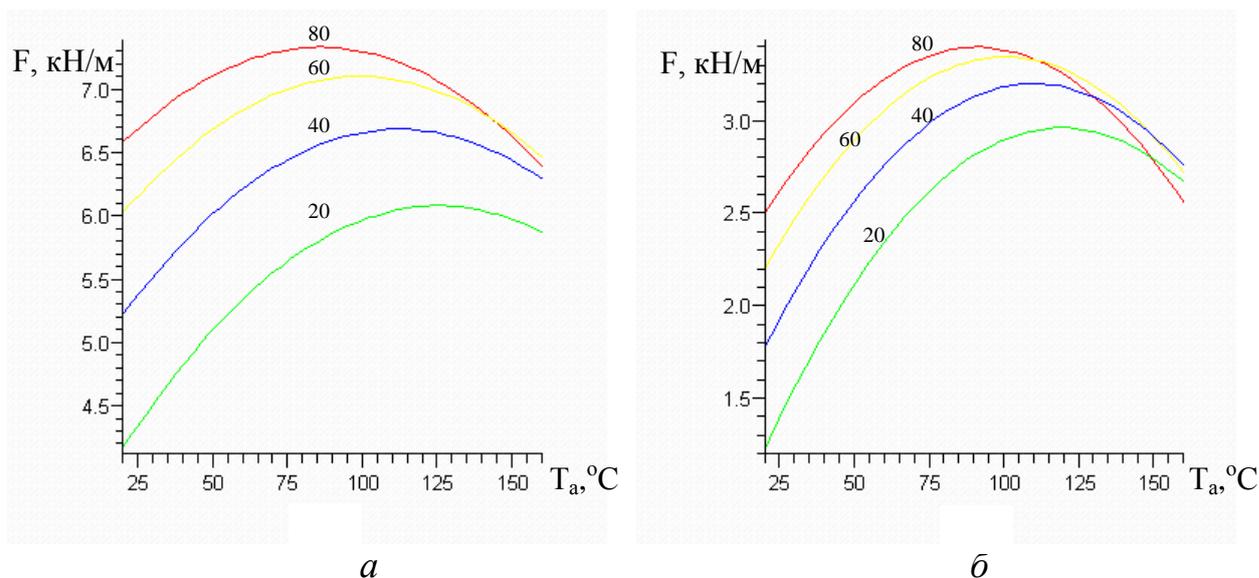


Рисунок 5.22 – Зависимость прочности литевых соединений: хлопкоамидной ткани (а), двухслойной кирзы (б) с ПВХ-пластикатом от температуры термоактивации при продолжительности сушки 4,5мин. Цифры у кривых – значения температуры сушки, °С.

Представленные зависимости наглядно иллюстрируют вклад исследуемых факторов в изменение прочности литьевого крепления низа обуви и позволяют оптимизировать режимы прямого литья при двукратном нанесении клея на материалы верха обуви.

6 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРЯМОГО ЛИТЬЯ НИЗА НА ОБУВЬ

В настоящей главе изложены методы совершенствования подготовки следа обуви к литьевому креплению и запатентованные авторами монографии прикладные технические решения, направленные на совершенствование технологии прямого литья низа на обувь.

На основе закономерностей образования выпрессовок, авторами определены допускаемые отклонения толщины пакета материалов заготовки верха, которые исключают образование выпрессовок. Однако следует признать, что эти допуски являются довольно жесткими и в реальных условиях производства не всегда выполнимы. Они могут быть обеспечены лишь при тщательном соблюдении и контроле толщины составных частей пакета материалов заготовки и при производстве несложных конструкций обуви. В этой связи представляет практический интерес разработка способов предотвращения выпрессовок, не требующих соблюдения столь жестких допусков толщины пакета материалов заготовки верха.

Другой проблемой производства обуви строчечно-литьевого метода крепления являются трудности взъерошивания краев заготовки верха из кож с лицевым покрытием. Поэтому требуется анализ этой проблемы и разработка надежных способов подготовки следа к литьевому креплению низа.

6.1 Подготовка поверхности следа заготовок верха к литьевому креплению

Технология изготовления обуви строчечно-литьевого метода крепления низа имеет свои специфические особенности, поэтому к подготовке следа обуви предъявляются повышенные требования.

Из анализа литературных и патентных источников [106-111, 138] по этой проблеме следует, что основным способом подготовки является механическая обработка поверхности и ее различные варианты, повышающие прочность литьевого крепления.

Результаты обобщающего анализа способов подготовки следа обуви строчечно-литьевого метода крепления представлены в виде блок-схемы (рисунок 6.1)

При производстве обуви строчечно-литьевого метода крепления наиболее распространен механический способ обработки поверхности следа [138]. Операции механической обработки заключаются в удалении лицевого слоя посредством различных инструментов и образовании ворсистой поверхности материала заготовки верха для увеличения площади его контакта с клеем и приливаемым низом [112].

Применение в качестве материалов верха тканей, кож хромового дубления без лицевого покрытия, а также синтетических и искусственных кож,

имеющих химическое сродство с материалом низа, не требует взъерошивания нижнего края заготовок верха обуви [39].

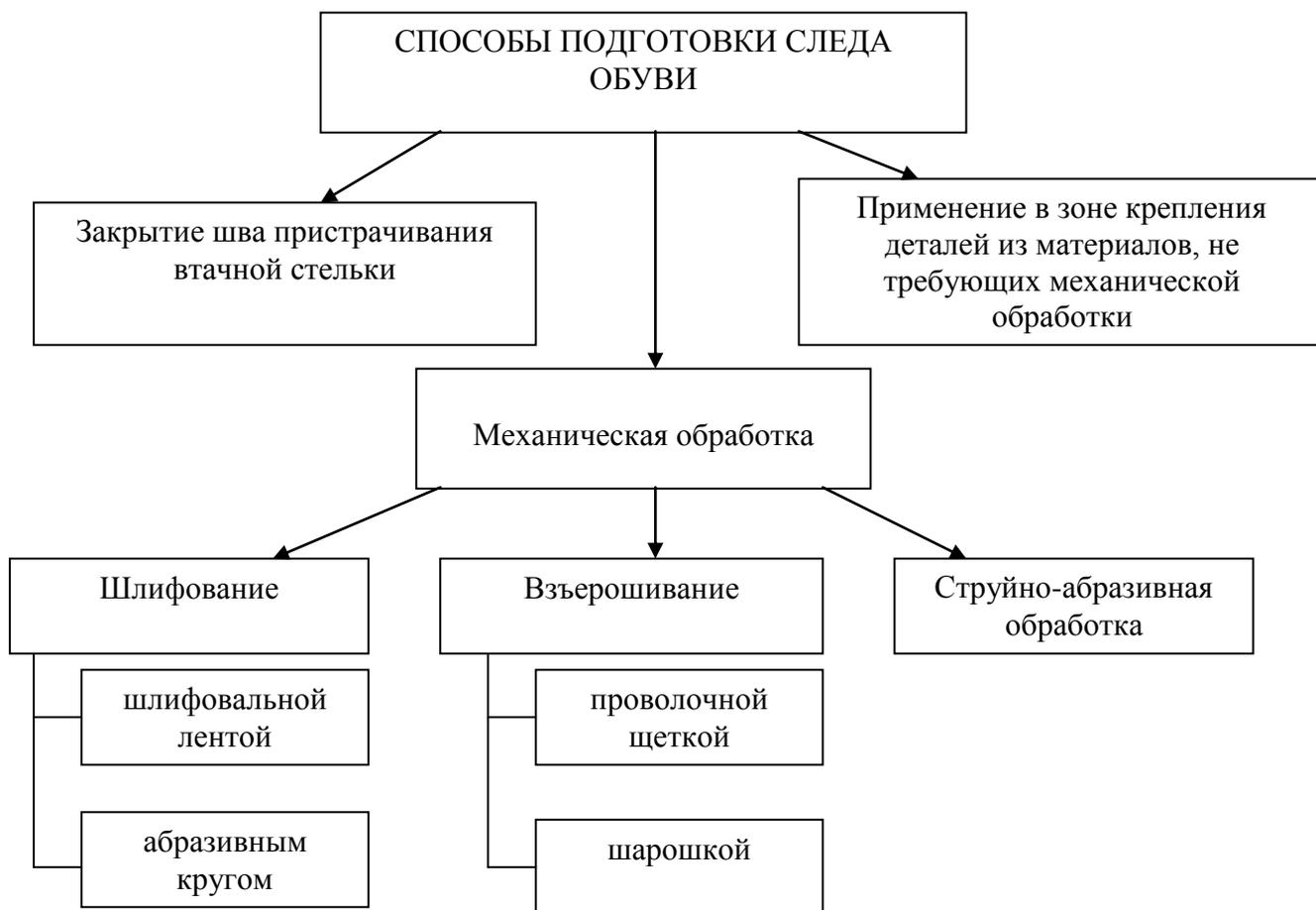


Рисунок 6.1 – Способы подготовки следа обуви

Наиболее эффективными являются взъерошивающие инструменты, принцип действия которых основан на возможности трансформации периферийной части инструмента в радиальном направлении под действием поля центробежных сил, что создает автоматический натяг надетой на инструмент замкнутой абразивной ленты. Они характеризуются широким диапазоном технологических возможностей, функциональной гибкостью и качеством обработки [113-114].

Шлифованием рекомендуется осуществлять обработку следа обуви, изготовленной из рыхлой кожи, где велика вероятность повреждения дермы. Обработка производится посредством шлифовальных шкур и кругов с зёрнами абразива большого размера. При движении абразивного инструмента острия зёрен оставляют на материале царапины. Так как расстояние между зёрнами мало, эти царапины проходят настолько близко одна к другой, что подрезанные тонкие слои материала отделяются. Глубина резания зависит от размера зерна [113].

Традиционный способ взъерошивания нижних краев заготовки верха обуви, надетой на литьевую колодку, выполняется бормашиной с использованием специальных шаблонов, которые ограничивают ширину обработки до линии смыкания губок полуматриц. Для взъерошивания следа и боковой поверхности заготовок верха обуви часто используют специальные фрезы (шарошки). Разработаны различные конструкции шарошек, применяемых для разных видов работ и качества обработки поверхности, однако они не обеспечивают равномерную шероховатость поверхности за один проход, что снижает производительность труда [112, 115].

Известен способ ударно-абразивной обработки деталей, при котором формирование микрорельефа происходит за счет удара о поверхность материала абразивных частиц, разогнанным сжатым воздухом [113]. Использование такого способа обработки обеспечивает требуемую шероховатость за один проход. Управление процессом возможно путем регулирования размеров абразивного зерна и скорости его подачи.

При реализации данного способа возможны два направления:

- создание беспыльных установок с мягким ограждением обрабатываемого участка и местным отсосом;
- разработка герметичных рабочих камер с системами вентиляции и рециркуляции абразива [113].

Однако для практической реализации способа ударно-абразивной обработки отсутствует соответствующее оборудование.

Фирмами PSB, DESMA созданы роботизированные полуавтоматические комплексы, которые используются для взъерошивания следа или боковой поверхности обуви [116-119]. Обработка происходит в автоматическом режиме по программам, заложенным в память робота, с использованием соответствующих инструментов. Литьевая машина и робот работают в режиме связанного управления, включающем точное позиционирование колодки с заготовкой верха обуви, соответствие контура колодки положению обрабатываемого инструмента на поворотном столе, программирование траектории обработки и наклона взъерошивающей насадки, число оборотов и усилие прижима взъерошивающего инструмента к обрабатываемой поверхности [119].

Однако для обуви строчечно-литьевого метода крепления взъерошивание затруднительно из-за частого разрушения шва, скрепляющего заготовку верха с втачной стелькой. Проведено исследование по выявлению основных причин повреждения шва пристрачивания втачной стельки при взъерошивании, и разработаны альтернативные варианты подготовки следа к приливанию низа.

Оценку возможности устранения возникших и обнаруженных дефектов после обработки следа обуви проводили сплошным контролем качества взъерошивания с последующей статистической обработкой этих данных [120]. При этом фиксировали частоту обнаружения различных дефектов, а также общее число дефектов каждого вида. Для оценки их значимости был использован метод очного индивидуального опроса специалистов.

Выбор методов организации и проведения экспертной оценки, обработку полученных результатов осуществляли в соответствии с требованиями ГОСТ «Экспертные методы оценки качества промышленной продукции» [121-123]. Экспертная группа была сформирована из 10 высококвалифицированных специалистов ЗАО ТД «Белка» г. г. Москвы и Владимира, ЗАО «КОРС» г. Новосибирска и ЗАО «С-ТЭП» г. Бердска (директора производства - 2чел., начальника отдела контроля качества – 2чел., руководителя цеха – 2чел., технолога – 4чел.). Подбор экспертов проводили с учетом их компетентности и заинтересованности в проводимой работе.

Результаты экспертной оценки приведены в Приложении Б (таблица Б.1). Причинно-следственная взаимосвязь повреждения шва пристрачивания втачной стельки представлена в виде схемы (рисунок 6.2), на которой показаны дефекты (по мнению экспертов наиболее значимые), влияющие на повреждение шва пристрачивания втачной стельки в результате взъерошивания края заготовки верха обуви.

Согласно результатам экспертной оценки, основными причинами повреждения шва, соединяющего втачную стельку с заготовкой верха, являются:

- неточное позиционирование заготовки верха на литевой колодке;
- наличие крупных складок по линии пристрачивания втачной стельки;
- дефекты, возникшие при формовании заготовки верха.

Так, по мнению экспертов, неточное позиционирование заготовки верха на литевой колодке, и как следствие, повреждение шва пристрачивания втачной стельки при взъерошивании в значительной степени обуславливается недобросовестным отношением исполнителей к работе и их низкой квалификацией. Ритмичность же работы не оказывает существенного влияния на появление данного дефекта (этому фактору эксперты отвели последнее место).

Образование крупных складок на заготовке верха по линии пристрачивания втачной стельки происходит из-за нарушения их взаимного положения при соединении или неправильной посадки нижнего края заготовки в носочной части относительно втачной стельки.

Наиболее часто заготовку верха и втачную стельку соединяют штробельным швом [124]. Причиной повреждения этого шва при взъерошивании также могут быть дефекты технического характера, возникшие из-за сваливания строчки с краев деталей или неправильного подбора ниток и иглы.



Рисунок 6.2 – Причины повреждения шва пристрачивания втачной стельки.

Таким образом, для предотвращения дефектов, возникающих при внутреннем формовании заготовки верха необходимо:

- обеспечить правильное положение заготовки верха на колодке;
- выполнить вытяжку передней части заготовки до заданного размера при надевании на колодку;
- исключить растяжение стельки.

Наряду с этим, заготовка верха обуви после формования должна плотно облегать литьевую колодку, правильно располагаться на ее поверхности, а втачная стелька располагаться точно по следу колодки (или под гранью следа колодки, в зависимости от конфигурации и высоты бортика подошвы).

С целью предотвращения неточного позиционирования заготовки верха при формовании, предложено усовершенствование литьевой колодки путем установки на ее следе элементов для фиксации положения втачной стельки. Эти элементы могут быть выполнены в виде штифтов, расположенных в носочно-пучковой и пяточной частях перпендикулярно плоскости следа колодки (рисунок 6.3). Точность позиционирования деталей определена с учетом

разности погрешностей изготовления деталей по линии установки [125], которая составляет $\pm 0,8$ мм.

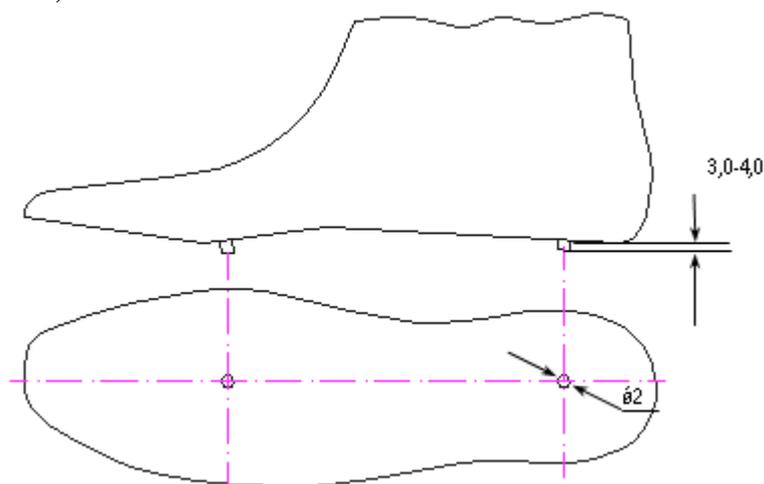


Рисунок 6.3 – Расположение фиксирующих элементов на колодке

При изготовлении обуви с использованием усовершенствованной колодки все детали заготовки верха выкраиваются и собираются так же, как по обычной технологии производства обуви строчечно-литьевого метода крепления [124]. Особенность заключается в том, что при вырубании втачной стельки используют специальные резак, которые прорубают технологические отверстия согласно расположению фиксирующих элементов на литьевой колодке. В связи с этим, предъявляются повышенные требования к тягучести материала втачной стельки. Следует использовать материалы, в том числе и нетканые, появившиеся в последнее время, которые имеют минимальную тягучесть во всех направлениях, и способны сохранять целостность технологических отверстий после прорубания, что не характерно для дублированных тканей, которые имеют тягучесть в направлении уточных нитей.

Предложенный способ предполагает применение втачной стельки из достаточно плотных и толстых материалов. Для втачной стельки из мягких материалов разработан способ укрепления штробельного шва путем его промазки клеевой композицией.

Сущность предлагаемого способа заключается в том, что после пристрачивания втачной стельки к заготовке верха, на шов наносится ровный, тонкий слой клея. В качестве клеевой композиции можно использовать любые виды обувных клеев [33]. Выбор клея осуществляют с учетом специфики производства и возможностей предприятия.

Целесообразность нанесения на шов пристрачивания втачной стельки различных видов клеев оценивали его прочностью после взъерошивания.

Для проведения эксперимента образцы материалов заготовки верха и втачной стельки размером 45×50 мм, соединяли штробельным швом. Подготовленные образцы закрепляли на колодке с помощью затяжных гвоздей (рис. 6.4), промазывали тонким слоем клея по всей длине шва на ширину

4-6 мм, высушивали клеевую пленку и взъерошивали вручную с помощью проволочной щетки, намеренно повреждая шов скрепления материала заготовки верха с материалом втачной стельки. Для намазки использовали полихлоропреновый клей – концентрацией 8-10%, полиуретановый – концентрацией 15%, с последующей их сушкой 10-15 минут и латексный клей «Ревертекс» с последующей сушкой 30-40 минут.

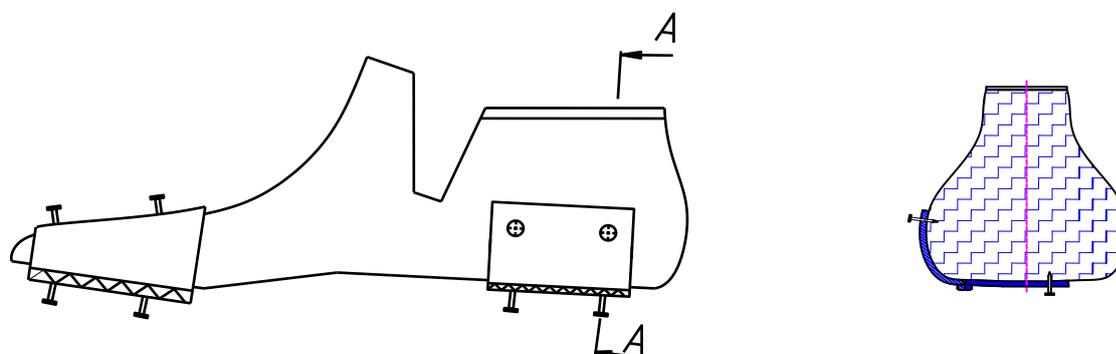


Рисунок 6.4 – Схема расположения образцов на колодке

Для оценки прочности ниточного скрепления образцов после взъерошивания, определяли нагрузку при разрушении ниточного соединения на разрывной машине типа РТ-250 М-2 и рассчитывали прочность ниточного шва, обработанного различными видами клеев.

Результаты полученных данных приведены в Приложении Б, таблица Б.2.

Характеристика прочности ниточного шва в зависимости от обработки различными видами клеев представлена в таблице 6.1.

Из таблицы 6.1 следует, что применение всех видов клеев способствует повышению прочности ниточного шва после взъерошивания в 6-30 раз в зависимости от применяемого клея, по сравнению с образцами, не подвергающимися обработке клеем. В большей степени повышение прочности наблюдается при обработке полиуретановым и полихлоропреновым клеями, в меньшей – латексным клеем «Ревертекс», но с учетом стоимости клеев («Ревертекс» в среднем в 4-5 раз дешевле ПУ клея), можно рекомендовать и латексный клей. Следует отметить, что нанесение латексного клея на штробельный шов необходимо выполнять до надевания заготовки верха на литьевую колодку из-за его длительной сушки.

Таблица 6.1 – Прочность ниточного шва

Способы обработки образцов		Прочность ниточного шва, P , Н/см
Образцы без клея и взъерошивания		$43,8 \pm 2,8$
Образцы без клея, со взъерошиванием		$1,1 \pm 0,4$
Образцы, обработанные клеем и взъерошенные	полиуретановым клеем	$30,8 \pm 1,0$
	полихлоропреновым клеем	$26,2 \pm 1,8$
	латексным клеем «Ревертекс»	$6,8 \pm 1,2$

Нанесение клея на шов может осуществляться после надевания заготовки верха на литьевую колодку и ее формования. При этом необходима ускоренная сушка клеевого слоя, которая может быть обеспечена двумя путями: применением устройств, ускоряющих высыхание клея или использованием быстросохнущих клеев. В первом случае, можно использовать промышленные фены, во втором случае, в качестве быстросохнущего клея можно использовать, например, клей итальянской фирмы «ZYCHINI», который наносится с помощью специального пистолета.

Другим способом укрепления шва пристрачивания втачной стельки является пропитка ниток, используемых для образования шва, горячим варом.

При застывании состава происходит склеивание ниток и скрепляемых материалов. Это придает стежке стойкость к физико-механическим воздействиям, сохраняя целостность ниточного соединения после повреждения взъерошиванием. Прочность держания ниточной «шпильки» после механической обработки повышается на 20-30%, что достаточно для сохранения целостности шва.

Для пропитки ниток можно использовать смесь полистирола с 10% канифолью, смесь поливинилацетата с 10% канифолью, 3% полиамидный раствор или канифольный вар (смесь канифоли с машинным маслом). Температуру вара в пропиточном бачке машины рекомендуется поддерживать не ниже 55°C [112].

Таким образом, предложенные способы повышают прочность шва пристрачивания втачной стельки при взъерошивании, но не всегда предохраняют его от повреждения. Поэтому разработаны варианты подготовки следа к приливанию подошвы, исключая механическую обработку.

Один из вариантов подготовки следа обуви к литьевому креплению, заключается в спускании нижних краев деталей заготовки верха в их плоском виде. Для выполнения этого способа определена ширина нижнего края заготовки верха, с целью предотвращения его спускания выше линии приливания подошвы. Припуск по нижнему краю заготовки верха зависит от ее конструкции и способа формования, свойств и толщины материалов верха, метода крепления низа и в обуви строчечно-литьевого метода крепления составляет 7 ± 1 мм [126].

Для определения фактической ширины нижнего края заготовки, к которому приливается низ обуви, проведено испытание по определению прочности крепления подошвы в готовой обуви, согласно ГОСТ 9292-82 [127]. До начала испытаний на базовой модели отметили первоначальную ширину нижнего края заготовки, составляющую 7 ± 1 мм. За базовую модель принята типовая конструкция мужских полуботинок строчечно-литьевого метода крепления. Ширину нижнего края заготовки верха измеряли в точках, для нанесения которых проведены прямая продольная линия на следе, соединяющая наиболее выступающие точки носка и пятки и параллельные прямые, перпендикулярные продольной линии [128]. Параллельные линии построены следующим образом:

- через наиболее выступающую точку наружного пучка;
- через наиболее выступающую точку внутреннего пучка;
- на расстоянии 20 мм друг от друга;
- на расстоянии 10-15 мм от грани следа на носочном и пяточном участках.

Независимо от размеченных линий, проведена дополнительная линия в наиболее узкой части геленочного участка следа. Таким образом, нижний край заготовки верха измеряли в 30 точках.

Значения ширины нижнего края заготовки верха, контактирующего с низом, полученные после отрыва подошвы, приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Фактические значения ширины нижнего края заготовки верха (включая высоту бортика)

Номера точек и ширина нижнего края заготовки в характерных точках, мм															
Номер точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ширина нижнего края заготовки, мм	16	15	14	14	13	11	12	12	11	10	10	11	12	14	15
Номер точки	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ширина нижнего края заготовки, мм	15	16	15	17	17	16	15	14	13	13	14	12	12	14	15

По ряду величин ширины нижнего края заготовки верха провели статистический расчет [128] и получили его среднюю ширину, составляющую 13 мм с допустимым отклонением ± 1 мм.

На основе полученных результатов ширина спускаемого нижнего края деталей заготовки принята равной 12-14 мм (рисунок 6.5).

Прочность крепления низа при данном способе подготовки следа составила 141,6 Н/см [138], что удовлетворяет норме прочности крепления подошвы в обуви химических методов крепления. Для мужской обуви с толщиной подошвы 10 мм норма прочности составляет не менее 69 Н/см [129].

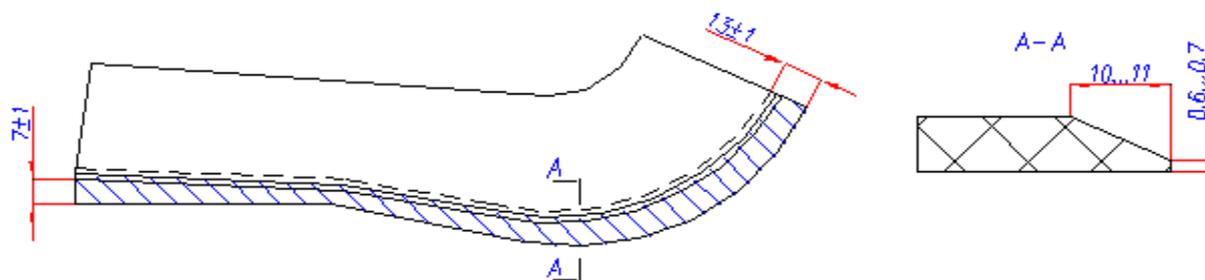


Рисунок 6.5 – Спускание нижнего края деталей заготовки (обсоюзки) при их обработке в плоском виде: — старый контур; - новый контур;  - спущенный край.

Другой вариант, повышения прочности литьевого крепления низа, заключается в прикреплении к собранной заготовке по ее нижнему краю полоски материала, имеющего высокую адгезию к материалу подошвы. Полоска может выкраиваться из кожи с ворсистой поверхностью, либо из текстильного материала (или тесьмы). Ширина полоски, согласно полученной ширине нижнего края заготовки, составила 13 ± 1 мм (включая высоту бортика подошвы). При использовании этого варианта в технологический процесс добавляется операция пристрачивания полоски материала (рисунок 6.6).

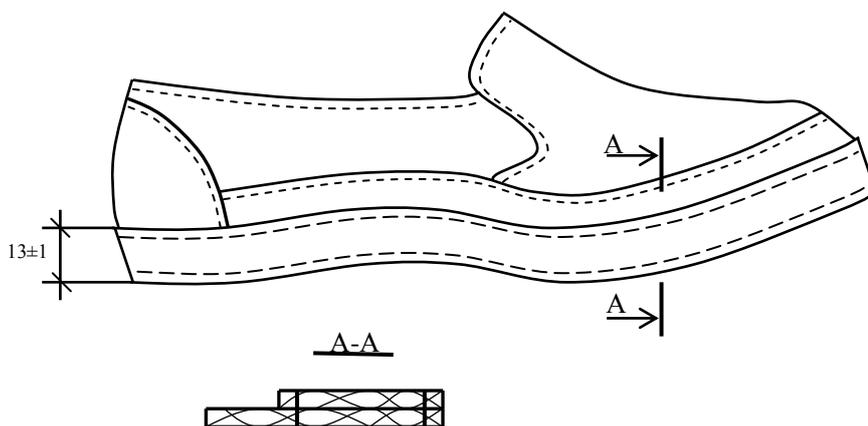


Рисунок 6.6 – Пристрачивание полоски материала по нижнему краю заготовки верха.

Прочность крепления низа обуви при использовании полоски из велюра составила 125,1 Н/см, а из текстильной тесьмы 87,3 Н/см, что превышает требуемый норматив прочности на 26-71% [129].

Таким образом, рассмотренные варианты подготовки следа достаточно просты в исполнении и позволяют получить необходимую прочность литьевого крепления низа, однако не исключают образование выпрессовок в процессе литья низа на обувь. В свою очередь неточная установка литевой колодки относительно полуматриц может привести к появлению спущенного или взъерошенного края выше линии приливания подошвы, что ухудшает качество обуви, а иногда приводит к неисправимому браку.

Анализ литературных и патентных источников, показал, что для обеспечения прочного литьевого крепления низа технология прямого литья совершенствуется не только за счет подготовки следа, но и путем разработки новых конструкций заготовок верха и затяжной кромки [130].

Следует отметить, что в рассмотренных способах, если и повышается прочность литьевого крепления или снижается вероятность образования выпрессовок, возникают сопутствующие недостатки, ухудшающие качество обуви и снижающие эффективность способа.

В связи с этим, авторами разработан и запатентован способ изготовления обуви строчечно-литьевого метода крепления с неполным двоением нижнего края заготовки верха [139], позволяющий повысить прочность литьевого крепления низа и предотвратить образование выпрессовок.

6.2 Способы повышения прочности литьевого крепления и предотвращения выпрессовок

Разработка технологии изготовления обуви строчечно-литьевого метода крепления, исключающей образование выпрессовок и повышающей прочность литьевого крепления, проведена на базе типовой модели мужских полуботинок. [131].

Сущность способа [139] заключается в неполном двоении нижних краев заготовки верха с последующей обрезкой раздвоенного внешнего слоя (с лицевым покрытием) для обеспечения адгезионного контакта приливаемого низа с бахтармянной поверхностью верха.

Основные стадии литьевого крепления низа на обувь представлены на рисунке 6.7.

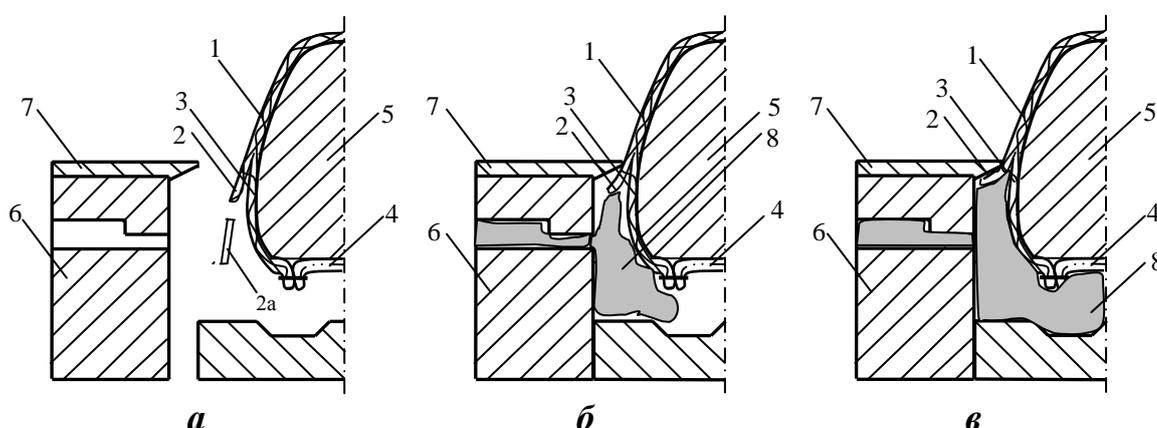


Рисунок 6.7 – Стадии литьевого крепления низа на обувь из кож с лицевым покрытием.

Способ заключается в том, что объемную заготовку верха 1, с пристроченной к внутреннему слою 3 втачной стелькой 4, надевали на раздвижную колодку 5 литьевого машины (рисунок 6.7 а), смыкали полуматрицы 6 таким образом, чтобы губки 7 замыкались на поверхности внешнего подрезанного слоя 2 ниже предельной глубины двоения края заготовки верха. За счет сжатия внешнего слоя 2 губками полуматриц края слоя предварительно отгибаются наружу. Затем осуществляли впрыск расплава 8 подошвенной композиции, которой затекал в ложе между раздвоенными слоями, что обеспечивало литьево крепление только к бахтармянным поверхностям заготовки верха (рисунок 6.7 б, в).

При заполнении полости формы и формовании низа под действием давления расплава подошвенной композиции внешний слой 2 прижимался к внутренним поверхностям полуматриц 6 и перекрывал возможный зазор между заготовкой верха 1 и губками 7 полуматриц. Это обеспечивало герметизацию полости литьевого формы независимо от колебаний толщины пакета материалов заготовки верха и точности установки раздвижной колодки 5 относительно полуматриц 6.

Основной задачей реализации способа является определение глубины неполного двоения и обрезки внешнего слоя с учетом возможного смещения верха обуви относительно линии смыкания полуматриц.

Для изготовления обуви по данной технологии все детали заготовки верха и втачную стельку выкраивали так же, как при типовом раскрое [112]. Затем производили неполное двоение нижних краев деталей заготовки верха (задинки, обсоюзки). Для определения необходимой глубины двоения проведены эксперименты для определения ширины нижнего края заготовки верха и дополнительного припуска на его возможное смещение относительно следа колодки и губок полуматриц литьевой формы. По методике определения этой ширины находили припуски на возможное смещение заготовки верха относительно следа колодки и губок полуматриц литьевой формы. На заготовке верха обуви с пристроченной втачной стелькой отмечали ширину нижнего края, т.е. 13 мм и приливали подошву. После отрыва подошвы определяли отклонения прилитого края подошвы от отмеченной линии. Ширину отклонений измеряли по тем же точкам, что и ширину нижнего края заготовки верха. После статистической обработки получили ширину дополнительного припуска на возможное смещение края заготовки относительно следа колодки 4 ± 1 мм.

Таким образом, нижний край заготовки раздваивали на глубину 16-18 мм с образованием внешнего слоя с лицевым покрытием толщиной 0,2-0,3 мм и внутреннего бахтармянного слоя. Уменьшение толщины бахтармянного слоя на 0,2-0,3 мм не приводит к снижению прочности крепления внутреннего слоя заготовки верха с втачной стелькой, а такая толщина лицевого слоя позволяет ему легко отгибаться от заготовки в процессе литья низа на обувь под действием давления литьевой смеси.

На раздвоенных нижних краях, для облегчения сборки заготовки с бахтармянной стороны, делали надрезы на глубину 7 мм в местах соединения деталей (настрачивания задинки на обсоюзку и сострачивания передних краев обсоюзки) (рисунок 6.8 а).

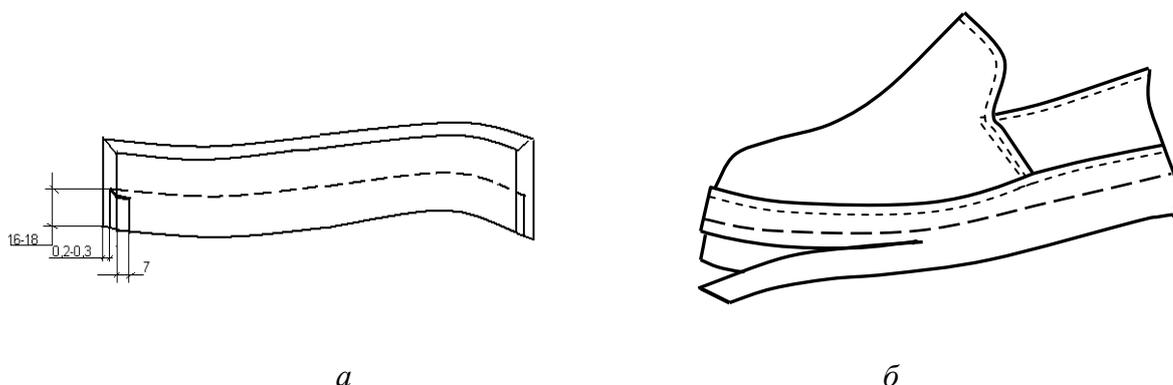


Рисунок 6.8 – Этапы подготовки заготовки верха обуви к креплению низа при неполном двоении нижних краев деталей.

Далее выполняли сборку заготовки и обрезку излишков лицевого слоя до ширины 6 ± 1 мм (рисунок 6.8 б). Эта ширина складывается из ширины губки

полуматрицы, составляющей 3 мм и ширины припуска на возможное отклонение линии приливания подошвы относительно следа колодки, составляющего 4 ± 1 мм, и обеспечивает закрытие зазора между заготовкой верха обуви и губками полуматриц. Таким образом, губки полуматриц литьевой формы замыкаются выше обрезанного края на 3-5 мм, и даже при их смещении относительно грани следа, обеспечивается перекрытие возможного зазора и предотвращение появления выпрессовок [139].

Пристрачивание втачной стельки и подготовку к приливанию низа обуви осуществляли по действующей технологии производства обуви строчечно-литьевого метода крепления [124].

Способ подготовки следа к литьевому креплению низа с помощью неполного двоения нижних краев заготовки можно осуществлять и по другому варианту. В этом случае неполное двоение нижних краев заготовки верха производили на собранной заготовке. При этом все параметры неполного двоения были аналогичны двоению деталей в плоском виде. Однако при наличии на нижнем крае заготовки верха обуви швов, применение этого варианта нецелесообразно.

Апробацию предложенного способа осуществляли при производстве мужских полуботинок с верхом из натуральной кожи с лицевым покрытием и подошвой из ПВХ-пластиков ПЛ-2 и ПЛП-2. Производили неполное двоение нижних краев плоских деталей заготовки на глубину 16-18 мм с образованием внешнего слоя толщиной 0,2-0,3 мм. Собирали заготовку верха обуви так, чтобы по периметру ее нижнего края образовывалось ложе из внешнего и внутреннего слоев. Внешний слой подрезали до ширины 5-7 мм, а внутренний – пристрачивали к втачной стельке.

Полученную объемную заготовку верха одевали на раздвижную литьевую колодку литьевого агрегата BS 20418 фирмы «Ottogalli» и формовали объемную заготовку верха перемещением пяточной части колодки в рабочее положение. Бахтармянные поверхности нижних краев объемной заготовки промазывали клеем по общепринятой технологии и приливали низ обуви при температуре расплава 170°C .

В полученной обуви наружный слой заготовки верха, отогнутый наружу, не ухудшал внешний вид изделий, а при соответствии цветов кожи верха и подошвы визуально не различался на бортике подошвы.

При изготовлении обуви по предлагаемому способу повышали температуру литья до 195°C и заведомо завышали дозу впрыскиваемой подошвенной композиции. При этом во всех случаях выпрессовки не образовывались.

Для оценки эффективности разработанного способа изготавливали контрольные образцы полуботинок из спилка-велюра. Приливание низа к контрольным образцам верха обуви при завышенной дозе впрыска сопровождалось образованием выпрессовок, а повышение температуры литья до 195°C приводило к особо интенсивному их образованию.

Прочность крепления низа обуви, изготовленной по предлагаемому способу, и контрольных образцов определяли по ГОСТ 9292-82 [127]. Результаты сопоставления показателей прочности литьевого крепления низа приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Сопоставление показателей прочности литьевого крепления низа по предлагаемому способу и по действующей технологии

Метод прямого литья	Материал низа	Прочность крепления подошв, Н/см при температуре литья, °С		Образование выпрессовок
		170	195	
Предлагаемый способ	ПЛ-2	121,6	142,9	отсутствовали отсутствовали
	ПЛП-2	101,2	123,1	
По действующей технологии	ПЛ-2	101,4	118,7	образовывались периодически образовывались всегда
	ПЛП-2	89,4	103,8	

Данные таблицы 6.3 свидетельствуют о более высокой прочности литьевого крепления низа к обуви по предлагаемому способу, что обусловлено увеличением фактической площади контакта соединяемых материалов за счет образования ложа из раздвоенных слоев нижнего края заготовки верха.

Таким образом, реализация запатентованного способа позволяет повысить прочность литьевого крепления низа и исключить образование выпрессовок. Однако для неполного двоения нижних краев деталей требуется специальное оборудование, а для некоторых конструкций заготовок верха обуви реализация этого способа затруднена.

Для устранения этих трудностей известны способы [132-133], устраняющие недостатки способа прямого литья с неполным двоением нижнего края заготовки верха обуви. Тем не менее, они требуют специальной конструкции заготовки, что сдерживает их применение.

Авторами предложен способ, сущность которого заключается в том, что наружные детали заготовки верха обуви выкраивали на 10 мм короче по нижнему краю по сравнению с типовой конструкцией (т.е. без припуска на соединение с втачной стелькой) и спускали с бахтармянной стороны нижние края заготовки на ширину 6 ± 1 мм. После сборки заготовки верха обуви по ее нижнему краю на расстоянии 6 ± 1 мм пристрачивали полоску материала шириной 16-18 мм, которую соединяли с втачной стелькой. При этом для полоски подбирали материал, обладающий повышенной адгезией к материалу низа.

Рекомендуемые размеры укорочения деталей верха обуви, ширины полоски, расстояния строчки от нижнего края заготовки установлены из ранее проводимых экспериментов по определению ширины затяжной кромки и припуска на возможное смещение заготовки верха относительно следа колодки.

Основные стадии литьевого крепления низа аналогичны способу прямого литья с неполным двоением нижнего края заготовки. Расплав подошвенной композиции также затекал в ложе между спущенным нижним краем заготовки верха и пристроченной полоской материала, что обеспечивало повышение прочности литьевого крепления и герметизацию полости формы (рисунок 6.9).

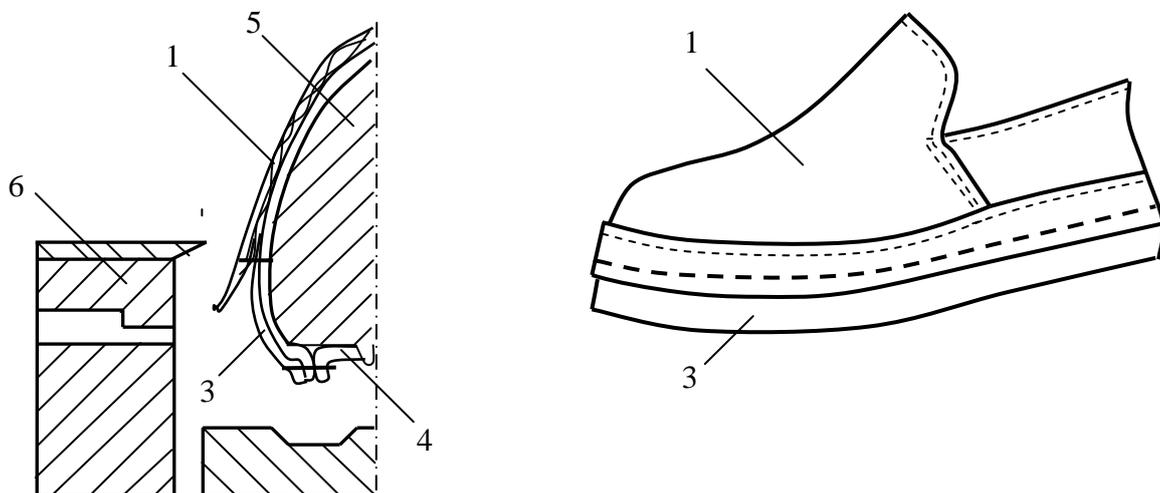


Рисунок 6.9 – Обувь с укороченными нижними краями и пристроченной полоской материала:

1 – заготовка верха обуви с укороченным нижним краем; 3 – полоска материала; 4 – втачная стелька; 5 – литьевая колодка; 6 – полуматрица литьевой формы.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет упростить технологический процесс изготовления обуви из кож с лицевым покрытием, обеспечить требуемую прочность литьевого крепления низа и предотвратить образование выпрессовок.

6.3 Повышение формоустойчивости обуви строчечно-литьевого метода крепления низа

Существенным недостатком формования верха обуви на раздвижных литьевых колодках является ее невысокая формоустойчивость, что ограничивает ассортимент обуви литьевого метода крепления низа.

Для повышения формоустойчивости обуви за счет увеличения деформации материала и ее равномерности при формовании разработан способ [132], осуществление которого пояснено на рисунке 6.10. Способ заключается в том, что при сборке заготовки верха 1 по периметру ее нижнего края пришивают профилированную полоску 2, а затем пристрачивают втачную стельку 4. Полученную объемную заготовку надевают на раздвижную литьевую колодку 5 литьевой машины.

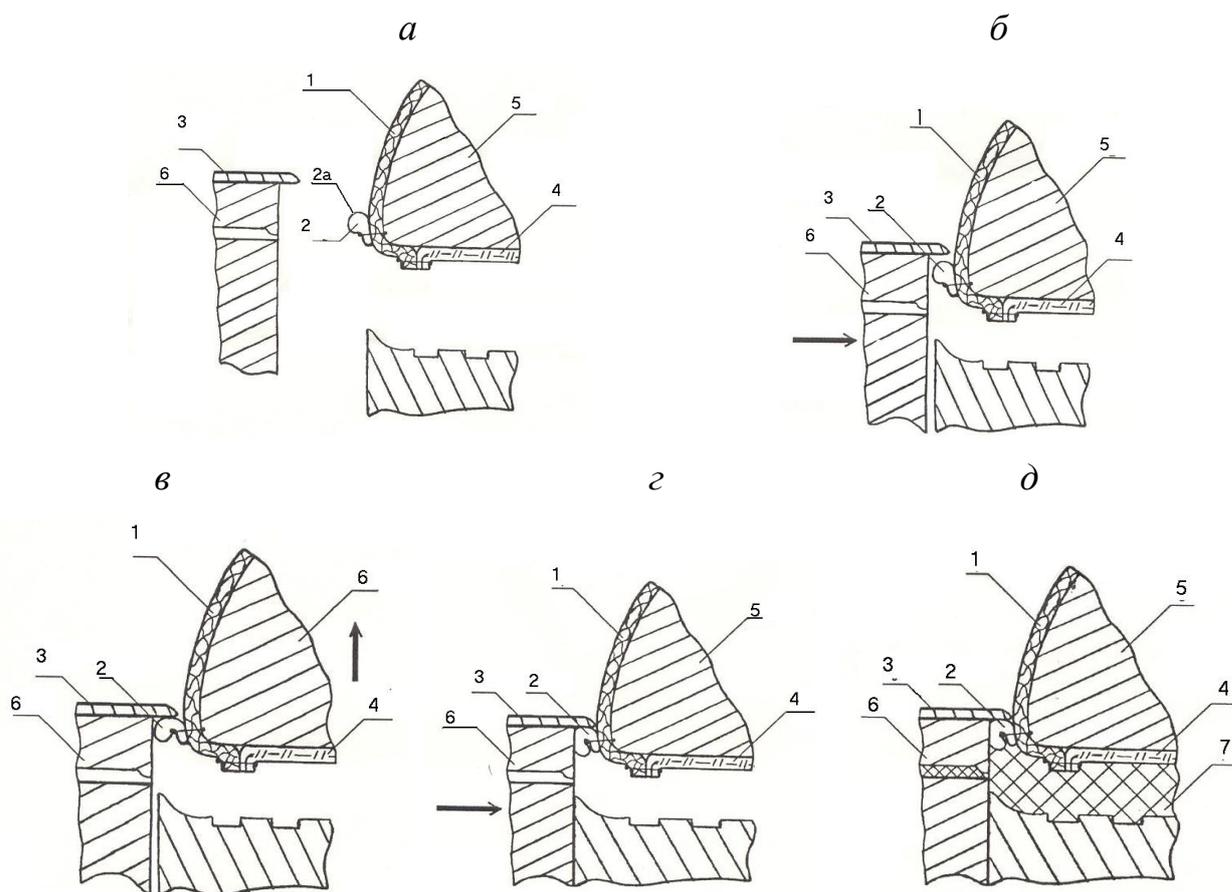


Рисунок 6.10 – Схема способа повышения формоустойчивости обуви строчечно-литьевого метода крепления низа

При разомкнутых полуматрицах *б* колодку *5* устанавливают ниже положения, требуемого для литья низа на обувь (рисунок 6.10 *а*), а смыкание полуматриц *б* осуществляют в два этапа. На первом этапе губки *3* полуматриц не доводят до контакта с поверхностью заготовки верха с тем, чтобы обеспечить последующий подъем колодки *5* в положение, требуемое для приливания низа (рисунок 6.10 *б*).

Затем осуществляют подъем колодки *5* с объемной заготовкой, в процессе которого буртик *2а* профилированной полоски *2*, опираясь на губки полуматриц, способствует дополнительной поперечной вытяжке материала заготовки (рисунок 6.10 *в*). По окончании подъема колодки *5* производят окончательное смыкание полуматриц *б* (рисунок 6.10 *з*) и приливают низ обуви *7* (рисунок 6.10 *д*).

Апробацию способа осуществляли на литьевом агрегате BS20418 при изготовлении мужских полуботинок с верхом из натуральной эластичной кожи с лицевым покрытием с подошвой из пористого пластика ПВХ марки ПЛ-2.

Для этого производили переналадку командоаппарата агрегата для обеспечения требуемых поэтапных перемещений литьевой колодки и полуматриц.

После сборки заготовки верха по ее периметру на расстоянии 12-14 мм от нижнего края пришивали профилированную полоску из монолитного ПВХ-

пластиката и пристрачивали втачную стельку. Полученную объемную заготовку надевали на литевую колодку агрегата и осуществляли на ней первый этап формования заготовки. В этой исходной позиции колодка располагалась ниже положения, требуемого для литья низа, на 4-5 мм. Смыкание полуматрицы не доводилось на 2-3 мм до боковой поверхности заготовки верха, при этом губки располагались выше буртика профилированной полоски на 1-3 мм.

Отметим, что взаимное положение губок полуматриц и буртика профилированной полоски определяется погрешностями сборки заготовки верха и ее надевания на колодку. Однако при правильном расположении заготовки верха на колодке губки полуматриц возвышались над буртиком в пределах указанного допуска.

При подъеме литевой колодки из исходного положения на 4-5 мм осуществлялся второй этап формования заготовки верха и окончательное смыкание полуматриц с обжимом заготовки верха губками полуматриц. После этого приливали низ обуви при температуре 180°C.

Прочность литьевого крепления низа обуви, изготовленной по предложенному способу составляла 109,8 Н/см. При тех же температурных режимах изготавливали контрольные образцы полуботинок из спилка-велюра по действующей технологии (без профилированной полоски). Прочность литьевого крепления низа контрольных образцов составила 102,5 Н/см. Очевидно, что более высокая прочность литьевого крепления по предлагаемому способу объясняется высокой адгезией подошвенной композиции к профилированной полоске, что компенсирует фактор низкой адгезии ПВХ-пластиката к лицевой поверхности кожи.

Для оценки эффективности формования заготовок верха обуви проводили анализ величины и характера деформаций материала верха методом нанесения на детали заготовок окружностей. Окружности диаметром 20 мм наносили на обсоюзки в носочной и пучковой частях заготовок обуви, изготавливаемой по предлагаемому способу и по действующей технологии.

Характерная картина деформации окружностей в носочной и пучковой частях обуви представлена на рисунке 6.11. Количественные данные о деформациях материала заготовок верха обуви представлены в таблице 6.4.

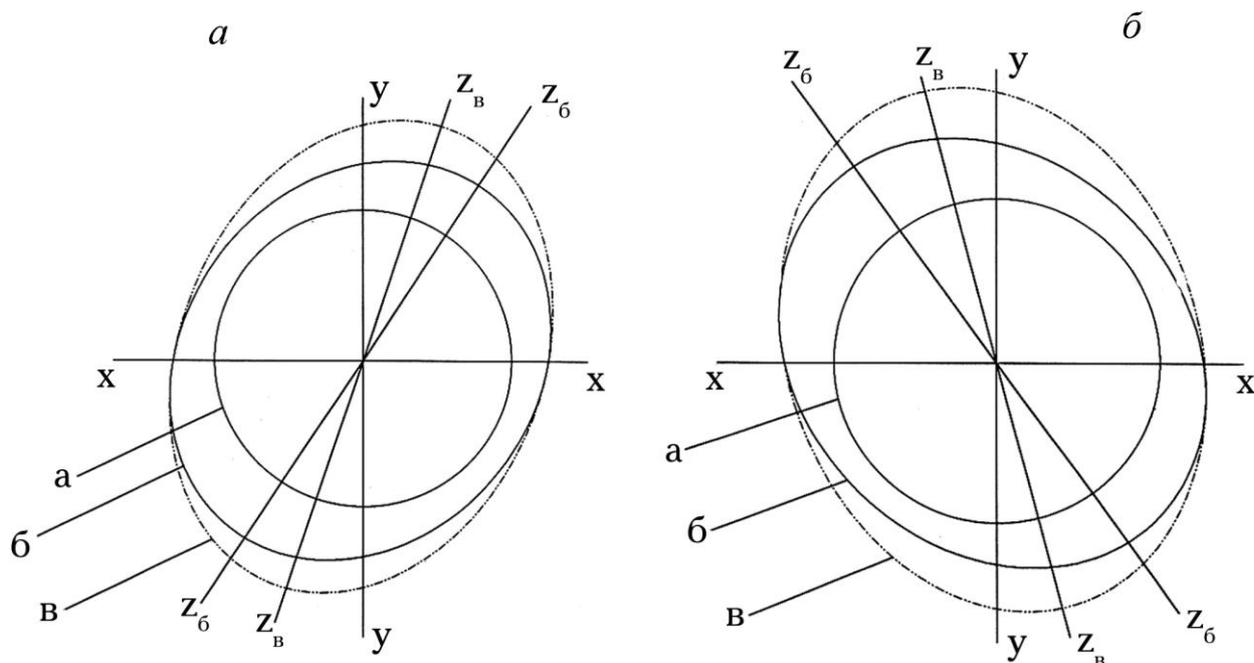


Рисунок 6.11 – Картина деформаций материала в носочной (а) и пучковой (б) частях заготовки верха обуви

Таблица 6.4 – Количественная характеристика деформаций материала заготовок верха обуви

Участок заготовки верха обуви	Деформация материала заготовок верха в направлении, %					
	поперечном у-у		продольном х-х		максимальная	
	действующая технология	предложенный способ	действующая технология	предложенный способ	действующая технология	предложенный способ
Носочная часть	14,5	16,3	11,2	11,5	16,6	19,8
Пучковая часть	6,5	9,8	9,3	9,3	10,4	13,5

Из рисунка 6.11 и таблицы 6.4 следует, что деформация заготовок верха, изготавливаемой по предлагаемому способу выше, чем по действующей технологии. Следовательно, предложенный способ позволяет повысить формоустойчивость обуви при обеспечении высокой прочности литьевого крепления низа к верху обуви из кож с лицевым покрытием, не обладающих достаточной адгезией к материалу низа.

6.4 Организация работы литьевых агрегатов при двукратном нанесении клея на материалы верха обуви

Рассмотрим организацию работы литьевых агрегатов различной компоновки при двукратной намазке клея на материалы верха обуви.

На рисунке 6.12 представлена схема организации работы на 18-ти позиционном литьевом агрегате при реализации предлагаемого способа.

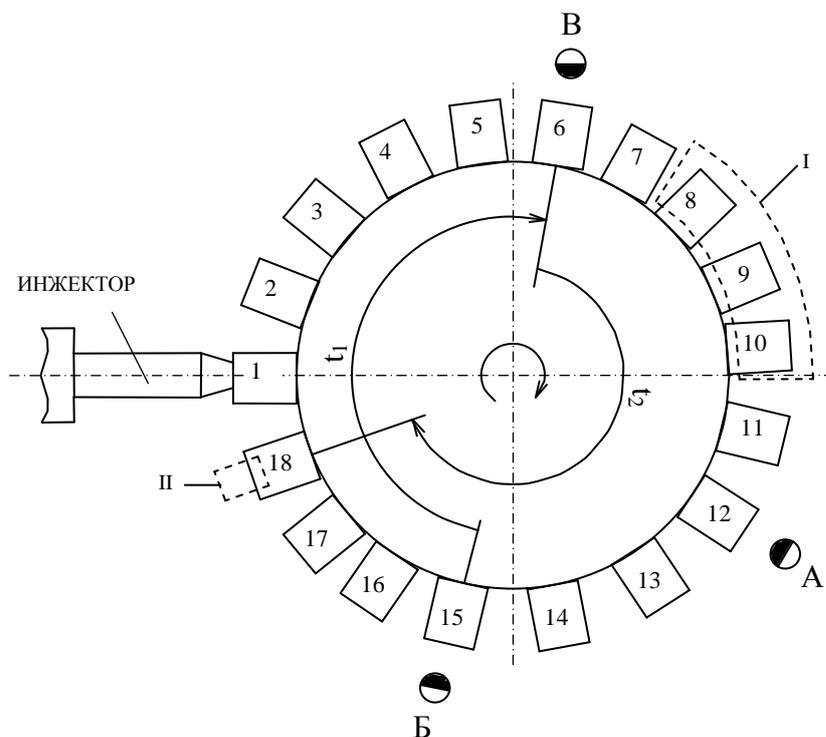


Рисунок 6.12 – Схема организации процесса прямого литья низа на обувь при двукратной намазке материалов верха:

- 1-18* – блоки литьевых форм; *II* – поворот сдвоенных колодок; *12* – съем обуви и надевание заготовки верха; *15* – околачивание следа обуви и первая намазка клеем; *6* – вторая намазка клеем; *А, Б, В* – операторы; *I* – установка интенсифицированной сушки; *II* – устройство для термоактивации клеевой пленки.

После поворота в позиции *11* блока сдвоенных литьевых колодок, оператор *А* на позиции *12* снимает готовую обувь и надевает на литьевую колодку заготовку верха. На позиции *15* оператор *Б* околачивает шов на следе заготовки обуви и производит первую намазку краев заготовки верха полиуретановым клеем.

Сушка клеевого слоя после первой намазки осуществляется в течение времени t_1 при повороте карусели агрегата с *15* по *18* и далее с *1* по *6* позиции. На позиции *6* оператор *В* выполняет вторую намазку краев заготовки верха полиуретановым клеем. Сушка клеевого слоя после второй намазки осуществляется в течение времени t_2 при повороте карусели с *6* по *18* позиции. Для интенсификации сушки клеевого слоя после второй намазки с помощью устройства *I* осуществляется обдув следа заготовки обуви потоком горячего воздуха, при прохождении заготовки верха обуви позиций *8-9-10*. На позиции

11 происходит поворот блока сдвоенных литевых колодок, и окончание сушки осуществляется при нижнем положении заготовки обуви на колодке.

На позиции 18 в период выстоя блока литевой формы до смыкания полуматриц производится термоактивация клеевой пленки с помощью устройства II за счет подачи горячего воздуха на след заготовки обуви. После опускания литевой колодки с заготовкой обуви, смыкания полуматриц и поворота блока литевых форм в позицию 1, осуществляется впрыск литевой смеси и приливание низа обуви.

При такте работы литевого агрегата, равном 20 секунд, время сушки клеевого слоя после первой намазки составляет $t_1=9$ тактов $\times 20$ с=180 с (3 мин), а время сушки после второй намазки – $t_2=12$ тактов $\times 20$ с=240 с (4 мин), при этом интенсифицированная сушка производится в течение 3 тактов $\times 20$ с=60 с (1 мин). При указанной длительности такта работы литевого агрегата период выстоя блока литевой формы до смыкания полуматриц составляет 8 секунд, что определяет максимальное время термоактивации клеевой пленки перед приливанием низа обуви.

Таким образом, при реализации способа осуществляется двукратная намазка клеем краев заготовки верха, сушка клеевого слоя после каждой намазки и термоактивация клеевой пленки перед приливанием низа обуви. При этом производительность литевого агрегата не снижается. Циклограмма работы карусельного литевого агрегата пояснена рисунком 6.13.

Количество позиций большинства литевых агрегатов карусельного типа составляет 12, 14, 16, 18, 20 и 24, а такт их работы лежит в диапазоне $t_m=15-30$ с [124]. Тогда в соответствии с организацией выполнения операций двукратного нанесения клеевого слоя, представленной на рисунке 6.13, минимальное время сушки после первой и второй намазок имеет место при изготовлении обуви на 12-ти позиционном агрегате при $t_m=15$ секунд:

$$t_{1min}=8 \text{ тактов} \times 15 \text{ с}=120 \text{ с}=2 \text{ мин};$$
$$t_{2min}=9 \text{ тактов} \times 15 \text{ с}=135 \text{ с}=2,25 \text{ мин}.$$

Максимальное время сушки имеет место при литье низа на обувь на 24-х позиционном агрегате при $t_m=30$ секунд:

$$t_{1max}=11 \text{ тактов} \times 30 \text{ с}=330 \text{ с}=5,5 \text{ мин};$$
$$t_{2max}=14 \text{ тактов} \times 30 \text{ с}=420 \text{ с}=7 \text{ мин}.$$

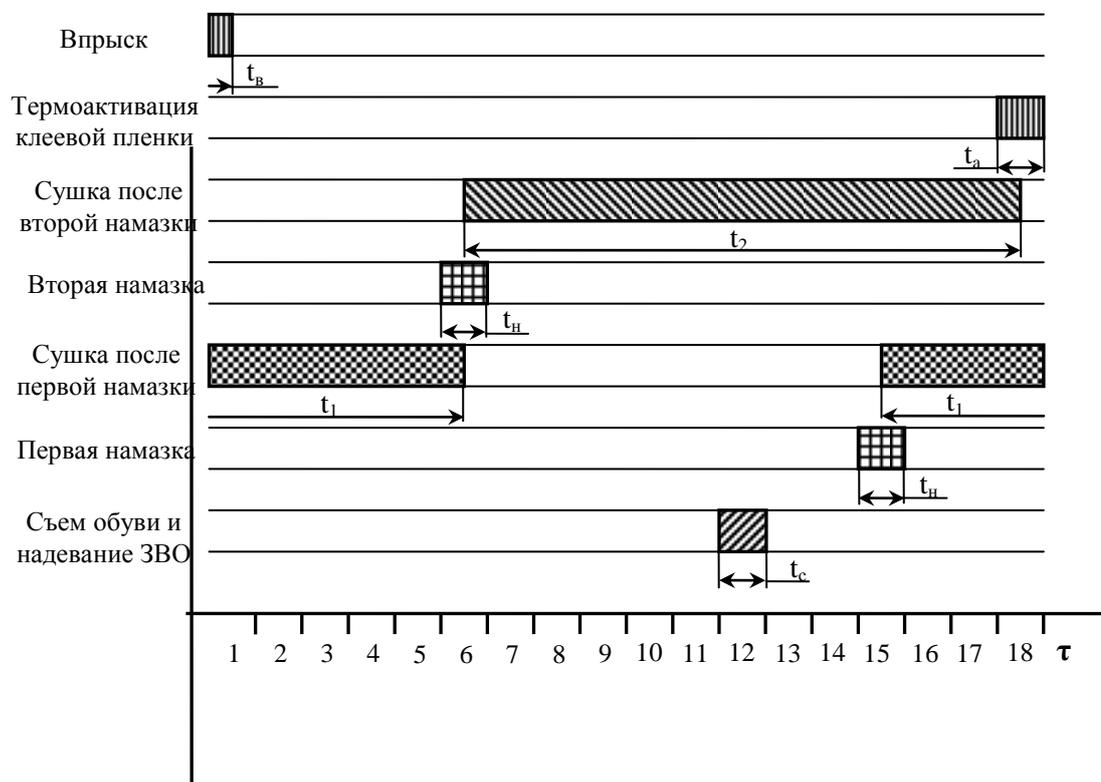


Рисунок 6.13 – Циклограмма работы карусельного литьевого агрегата при двукратной намазке и термоактивации клеевой пленки перед приливанием низа обуви:

τ – производственный цикл, с.; 1-18 – количество позиций на литьевом агрегате; t_c – съем обуви и надевание заготовки верха; t_1 – продолжительность сушки после первой намазки клеем; t_2 – продолжительность сушки после второй намазки клеем; t_a – продолжительность термоактивации клеевой пленки.

Следовательно, на карусельных литьевых агрегатах время сушки клеевого слоя после первой намазки лежит в диапазоне $t_1=2,0-5,5$ минут, а после второй намазки – $t_2=2,25-7,0$ минут.

При этом в позиции, предшествующей позиции впрыска литьевой смеси, время выстоя блока литьевых форм до опускания литьевой колодки и смыкания полуматриц при такте работы литьевых агрегатов $t_m=15$ секунд составляет 5 секунд, а при $t_m=30$ секунд – 10 секунд. Следовательно, интервал 5-10 секунд определяет время термоактивации клеевой пленки перед приливанием низа обуви.

Двукратная намазка клею следа обуви может осуществляться и на агрегатах статического типа с тремя литьевыми колодками. Последовательность операций двукратного нанесения клея и термоактивации клеевого слоя иллюстрируется на рисунке 6.14.

Таким образом, применение технологии двукратного нанесения клея и термоактивации клеевого слоя возможно на литьевых агрегатах различной компоновки и позволяет значительно повысить прочность литьевого крепления низа. Для эффективного применения этой технологии необходимо определить оптимальные параметры технологических режимов для различных систем материалов литьевых соединений.

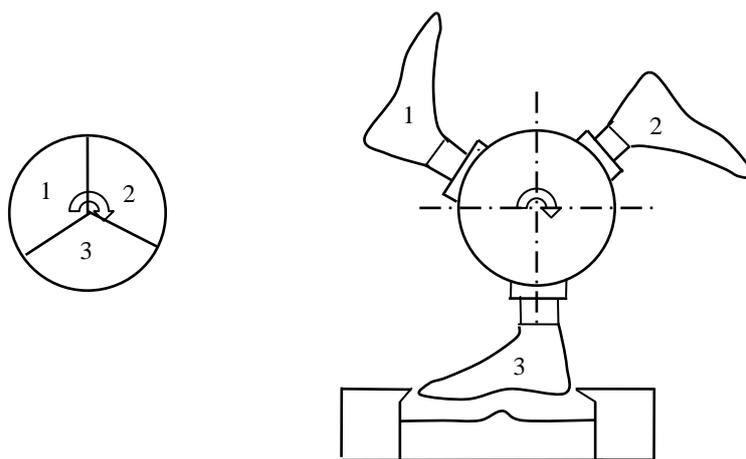


Рисунок 6.14 – Последовательность операций двукратной намазки клеем следа обуви и термоактивации клеевой пленки:

- 1 такт – одевание заготовки верха на литевную колодку, формование заготовки верха, первая намазка клеем следа обуви, сушка;
- 2 такт – вторая намазка клеем заготовки верха, сушка;
- 3 такт – термоактивация клеевой пленки и приливание низа обуви.

6.5 Повышение прочности литевального крепления пористых подошвенных композиций

Как известно, пониженная прочность литевального крепления пористого низа к обуви существенно ограничивает ассортимент материалов верха [18]. Установленные в наших исследованиях причины низкой прочности литевых соединений пористых подошвенных композиций позволили успешно решить эту проблему. Решение заключается в устранении причин, препятствующих плотному контакту соединяемых материалов из-за выделяющихся порообразующих газов путем обеспечения их свободного удаления из зоны адгезионного контакта.

Для проверки эффективности предложенной идеи были изготовлены две литевые формы, моделирующие различные условия формирования адгезионного контакта в литевых соединениях (рисунок 6.15). Одна из них не имела специальных средств для удаления газов из полости формы (воздух и выделяющиеся из вспенивающейся композиции порообразующие газы удалялись через плоскость разъема полуформ). На оформляющей поверхности второй формы в двух взаимно перпендикулярных направлениях выполнены вентиляционные каналы с размером сечения $0,5 \times 0,5$ мм с шагом 2,5 мм. При литевом формовании образцов литевых соединений в этой форме воздух и порообразующие газы свободно удалялись из полости в атмосферу через подложку из материала верха.

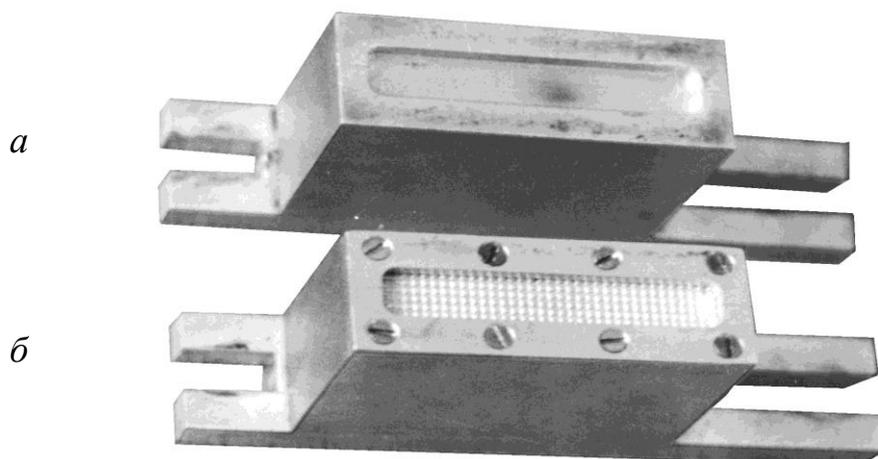


Рисунок 6.15 – Литьевые формы для изготовления образцов литевых соединений:

Прочность образцов литевых соединений, полученных в двух видах форм, оценивали испытанием на расслаивание. Результаты этой оценки приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Сопоставление прочности литевых соединений

Текстильный материал	Подошвенная композиция	Прочность литевого крепления кН/м при формовании в пресс-форме		Степень повышения прочности, %
		с вентиляционными каналами	без вентиляционных каналов	
Ткань "цветная"	ПЛ-2 (монолитн)	5,94±0,52	5,23±0,55	11,9
	ПЛП-2 (порист)	5,94±0,61	4,26±0,41	21,6
	ТЭП 2S/63/120 (монолитный)	2,83±0,23	2,45±0,25	13,4
	ТЭП 189NM7058 (пористый)	2,37±0,21	1,83±0,22	22,8
Кирза двухслойная	ПЛ-2 (монолитн)	3,71±0,39	3,32±0,34	10,5
	ПЛП-2 (порист)	3,55±0,37	2,94±0,31	17,1
	ТЭП 2S/63/120 (монолитный)	2,26±0,22	2,07±0,19	8,4
	ТЭП 189NM7058 (пористый)	1,97±0,17	1,61±0,15	18,3

Из данных таблицы 6.5 следует, что прочность образцов литевых соединений, отлитых в литевой форме с вентиляционными каналами, существенно повышается. При этом возрастает, хотя и в меньшей степени, прочность литевого скрепления монолитных композиций с тканями. Эти данные полностью подтверждают наши предположения о причинах пониженной прочности литевого крепления материалов верха с пористыми композициями.

С этих позиций повышение прочности литьевого крепления объясняется более благоприятными для формирования плотного адгезионного контакта условиями литьевого формования образцов в форме с вентиляционными каналами. Этими условиями являются свободное удаление воздуха и сопутствующих летучих веществ при литье монолитных полимеров, а также выделяющихся порообразующих газов при формировании пористых композиций.

Из таблицы 6.5 также следует, что повышение прочности литевых соединений более значительно для образцов с тканью "цветная". Это обусловлено более рыхлой поверхностной структурой этой ткани, в которую расплав полимера при свободном удалении газов из полости формы проникает в большей степени и образует механические соединения типа муфт и зацепов. Кроме этого, удаление газов из полости формы через плотную кирзу, видимо, затруднено.

Одним из успешных технических решений проблемы является разработанный нами способ повышения прочности литьевого крепления пористого низа обуви и устройство для его осуществления [134]. Реализация предлагаемого способа и устройства может быть осуществлена путем несложной модернизации литевых колодок и не требует изменений в организации работы литевых агрегатов. Сущность этой модернизации поясняется рисунком 6.16.

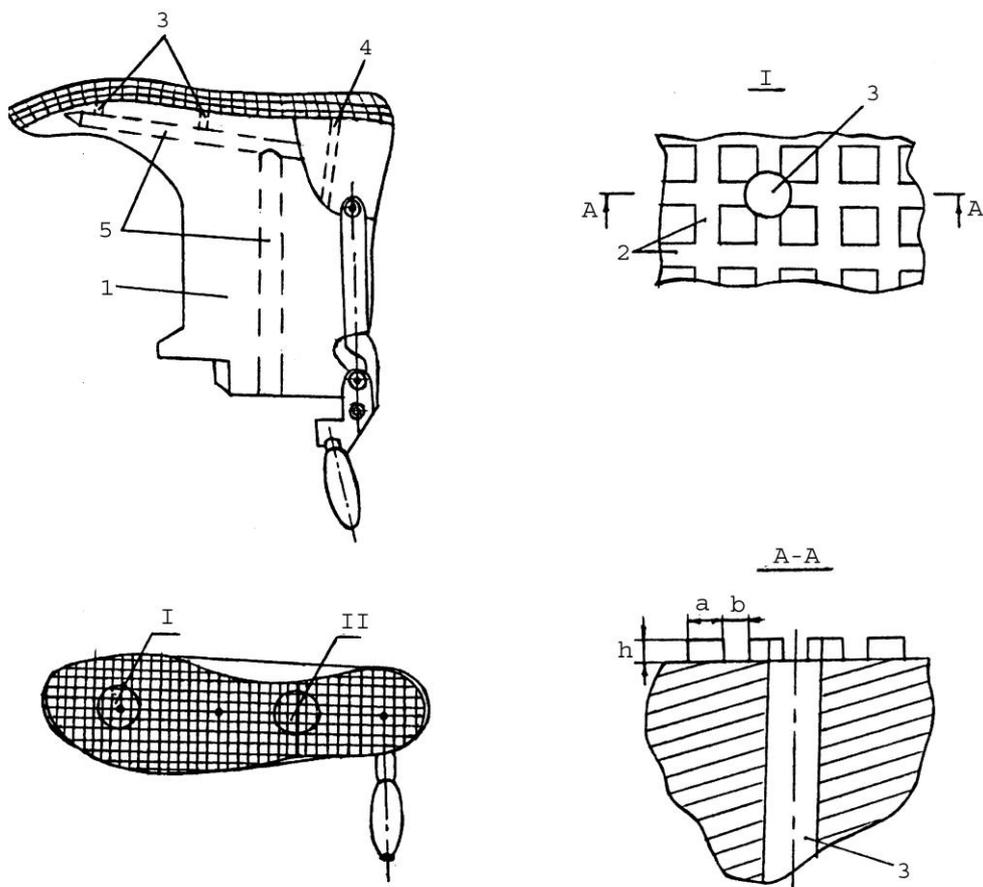


Рисунок 6.16 – Модернизированная литевая колодка:
 1 – колодка; 2 – газоотводящие каналы; 3, 4, 5 – дренажные отверстия.

На следе и части боковой поверхности литевой колодки *1* выполняют газоотводящие каналы *2* высотой *h*, шириной *a* с расстоянием между каналами *в*. При этом каналы *2* сообщаются друг с другом, для чего они выполнялись вдоль оси следа колодки и в поперечном направлении. Для удаления порообразующих газов в атмосферу в теле носочной и геленочной частях колодки выполнены дренажные отверстия *3*, сообщающиеся с атмосферой через отверстия *5* для нагревателей колодки, и дренажное отверстие *4* в пяточной части.

Выполнение газоотводящих каналов на сложной поверхности литевых колодок может успешно осуществляться запатентованными нами способами копировальной обработки криволинейных контуров и поверхностей деталей [134, 136]. При обработке поверхности колодок в качестве копира могут использоваться соответствующие литевые колодки или их модели.

При формовании пористого низа обуви давлением подошвенной композиции из зоны адгезионного контакта вытесняются выделяющиеся порообразующие газы, которые удаляются через материалы верха и втачной стельки. Это обеспечивает проникновение расплава подошвенной композиции в структуру материалов верха и втачной стельки, что создает плотный адгезионный контакт соединяемых материалов в течение всего времени формования пористого низа в замкнутой форме.

Реализация способа осуществлена при изготовлении мужских полуботинок из текстильного материала строчечно-литьевого метода крепления пористого низа из ПВХ-пластиката ПЛП-2 на литевом агрегате BS20418. Для этого на следе литевой колодки и части его боковой поверхности с помощью портативной фрезерной машины фрезеровались каналы с размерами $a=1$, $h=1$, $в=2$ мм, а также сверлились дренажные отверстия диаметром 2 мм. Для оценки эффективности предложенного способа изготавливались контрольные образцы на колодке без газоотводящих каналов при тех же условиях формования из ПВХ-пластикатов ПЛП-2 и ПЛ-2. Прочность литьевого крепления низа обуви, отлитой по предложенному способу, составляла 122,7 Н/см, контрольных образцов с низом из пористого ПЛП-2 – 103,2 Н/см, из монолитного ПЛ-2 – 131,3 Н/см.

Таким образом, применение предложенного способа позволяет повысить прочность литьевого крепления пористого низа на 17-23% и приблизить ее к прочности крепления монолитных композиций.

6.6 Совершенствование технологии изготовления обуви шнуровой затяжки литьевого метода крепления низа

Прямое литье низа на обувь при шнуровой затяжке заготовок верха непосредственно на раздвижных колодках литевых машин является одной из эффективных технологий изготовления легких видов обуви. Однако выполнение шнуровой затяжки требует приложения к шнуру значительных усилий и сноровки. Кроме того, при шнуровой затяжке непосредственно на

литьевых колодках время на выполнение операции ограничено темпом работы литьевых агрегатов.

Для облегчения выполнения шнуровой затяжки разработаны различные машины и устройства [137]. Однако их применение для шнуровой затяжки непосредственно на раздвижных колодках требует перекомпоновки литьевых агрегатов для монтажа этих устройств в зоне выполнения операции.

Авторами разработан способ шнуровой затяжки, позволяющий повысить качество затяжки и значительно снизить трудоемкость выполнения операции непосредственно на раздвижных колодках литьевых агрегатов. Способ заключается в том, что операция шнуровой затяжки состоит из двух этапов.

Первый этап предварительной затяжки осуществляется вне литьевого агрегата. Для этого собранную заготовку верха обуви *1*, по периметру затяжной кромки которой вшит шнур *2*, устанавливают на регулируемые в продольном направлении носочный *3* и пяточный *4* пуансоны (рисунок 6.17 *а*). При этом пуансоны *3* и *4* устанавливаются с обеспечением суммарной длины их следа L_n меньшей, чем длина следа литьевой колодки L_k . Длину L_n устанавливают в зависимости от размера обуви, деформационных свойств материалов верха и требуемого усилия затяжки. Затем стягивают шнур *2* для предварительной затяжки заготовки верха без приложения формирующего усилия, достаточного, однако, для загибки затяжной кромки на след пуансонов *3* и *4*, продевают концы *2а* и *2б* шнура через его ветви в геленочно-пучковой части заготовки верха и завязывают концы шнура (рисунок 6.17 *б*).

После этого снимают заготовку верха *1* с пуансонов *3* и *4* и надевают ее на раздвижную колодку *5* в ее исходном сокращенном положении (рисунок 6.17 *в*). Раздвигая колодку *5* путем перемещения ее пяточной части *5а*, производят окончательную затяжку заготовки верха (рисунок 6.17 *г*) после чего приливают низ обуви к затянутой заготовке верха.

Апробация разработанного способа осуществлялась при изготовлении женских текстильных туфель с подошвой из пористого пластика ПВХ марки ПЛП-2 на литьевом агрегате BS40418. После сборки заготовки верха по периметру ее затяжной кромки втачивали зигзагообразной строчкой капроновый шнур. Полученную заготовку верха надевали на носочный и пяточный пуансоны машины для обрезки излишков затяжной кромки. При этом устанавливали длину следа пуансонов на 12-18 мм меньше, чем длина следа литьевой колодки.

Предварительную затяжку заготовки верха производили вручную. При выполнении операции не требовалось приложения значительных усилий и облегчалось продевание концов шнура через его ветви в геленочно-пучковой части заготовки верха. Облегчалось также завязывание концов шнура, поскольку его натяжение на этом этапе операции не требовало удержания шнура.

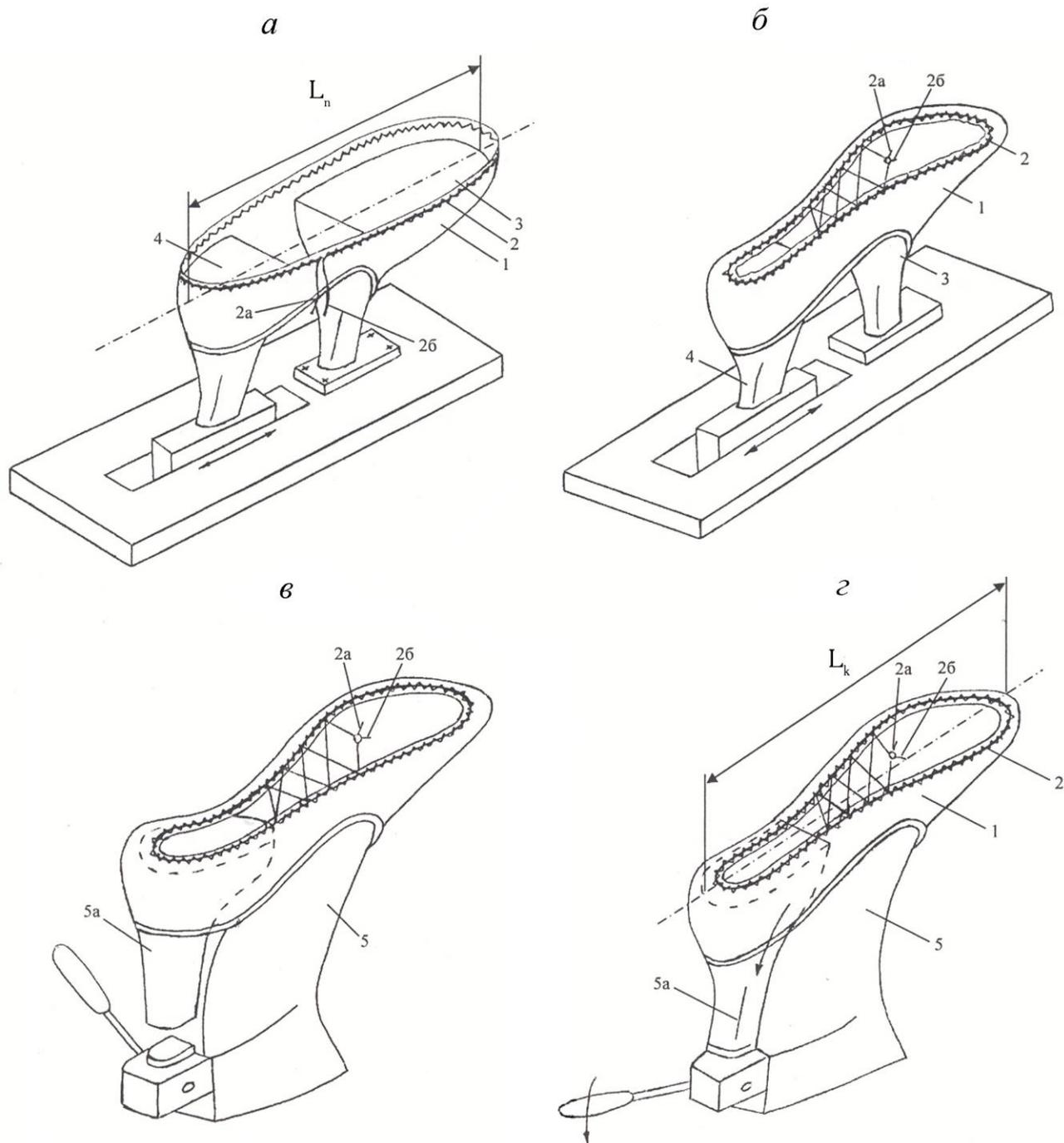


Рисунок 6.17 – Этапы шнуровой затяжки заготовки верха обуви
литьевого метода крепления

Подготовленную заготовку верха обуви с предварительно стянутым шнуром снимали с пуансонов и надевали на раздвижную колодку литьевого агрегата. Для окончательной затяжки заготовки верха раздвигали литевую колодку, наносили на затяжную кромку полиуретановый клей и приливали низ обуви.

Для качественного выполнения операции затяжки регулировали усилие затяжки заготовки верха установкой разницы между длиной следа пуансонов и

литьевой колодкой в зависимости от деформационных свойств материалов верха и требуемого усилия формования.

При изготовлении обуви по предложенному способу организация работы на литьевом агрегате не отличалась от процесса производства обуви строчечно-литьевого метода крепления низа.

В заключении отметим, что разработанный и апробированный в производственных условиях способ не только снижает трудоемкость выполнения шнуровой затяжки и повышает качество операции за счет возможности регулирования усилия формования, но и позволяет расширить ассортимент применяемых материалов верха обуви.

7 ПРЯМОЕ ЛИТЬЕ КОМБИНИРОВАННОГО НИЗА НА ОБУВЬ

Различают технологии интегрированного и неинтегрированного процессов изготовления комбинированного низа [55, 144-147].

Изготовление низа из комбинированных материалов в интегрированных процессах производится в одном блоке литьевой формы на специализированных литьевых агрегатах. Такие агрегаты имеют высокую производительность и, как правило, оснащены средствами частичной или полной автоматизации операций. В то же время эти агрегаты из-за их специализации оказываются менее мобильными в плане смены материалов комбинированного низа, а также для изготовления других видов продукции. Поэтому интегрированные процессы ориентированы на крупносерийное производство и наиболее оправданы в странах с высокой стоимостью рабочей силы.

В неинтегрированном процессе составные элементы комбинированного низа формуются на разных литьевых агрегатах. Затем формованные детали вкладываются в литьевые формы последующего агрегата, где производится формование основной части комбинированного низа и ее литьевое скрепление с вкладными деталями. В отдельных случаях составные элементы комбинированного низа скрепляются клеевым методом. Неинтегрированные процессы, как правило, не требуют применения специализированного оборудования, поскольку составные элементы комбинированного низа формуются отдельно на агрегатах общего назначения. Тем не менее, для процесса необходима специализированная оснастка для вложения в нее предварительно отформованных элементов. Характерной чертой неинтегрированного процесса является наличие ручных операций для переноса и тщательной установки элементов, а также обеспечения их соединения в единый узел комбинированного низа. Поэтому неинтегрированный процесс целесообразен при производстве комбинированного низа небольшими сериями, а также для стран с низким уровнем оплаты ручного труда.

Рассмотрим технологию производства различных видов низа обуви из комбинированных материалов.

7.1. Формирование комбинированного низа из одноименных материалов

Изготовление двух- и многослойного низа из одноименных материалов разной плотности производится в интегрированном процессе. Поскольку формуются и соединяются детали из материалов одинаковой химической природы, то проблем с обеспечением их надежного скрепления не возникает. Для этого необходимо обеспечить условия для взаимодиффузии соединяемых элементов комбинированного низа, отформованных на разных временных этапах процесса. Этими условиями является повышенная температура ранее отформованного элемента. Это необходимо для обеспечения взаимодиффузии

поверхностных слоев скрепляемых материалов.

Технология изготовления низа из материалов разной плотности первоначально была разработана для термопластичных подошвенных материалов, позже для резин и полиуретанов.

7.1.1 Прямое литье комбинированного низа из термопластичных композиций

Термопластичные подошвенные композиции (в основном ПВХ-пластики, реже термоэластопласты) используются для прямого литья двух- и многослойного низа на обувь. Прямое литье низа из композиций разной плотности и цвета производится двумя основными способами: с помощью промежуточного пуансона и с помощью устанавливаемого на колодочный суппорт пуансона, называемого также «ложной» колодкой [55].

Оба способа реализуются как на многопозиционных карусельных, так и на одно-, двух- или трехпозиционных статических агрегатах. Их компоновки представлены на рисунках 7.1 и 7.2.

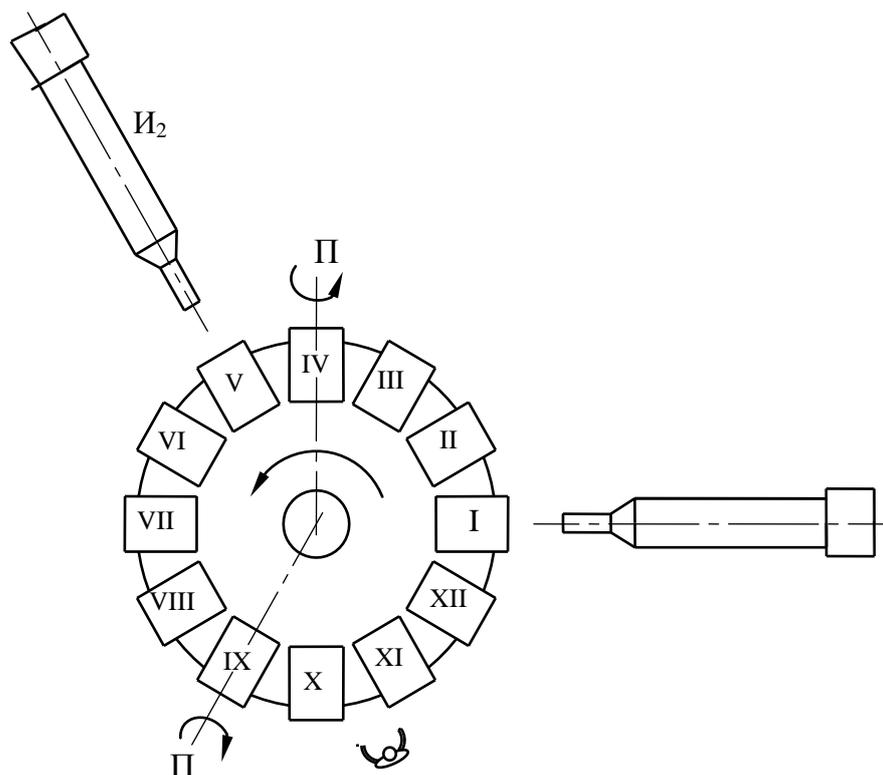


Рисунок 7.1 – Компоновка карусельного агрегата Т 307-12 фирмы Main Group (Италия) для прямого литья двухслойного низа на обувь:
I-XII – позиции формоносителей; I₁, I₂ – инжекторы;
П – позиция поворота колодочного суппорта

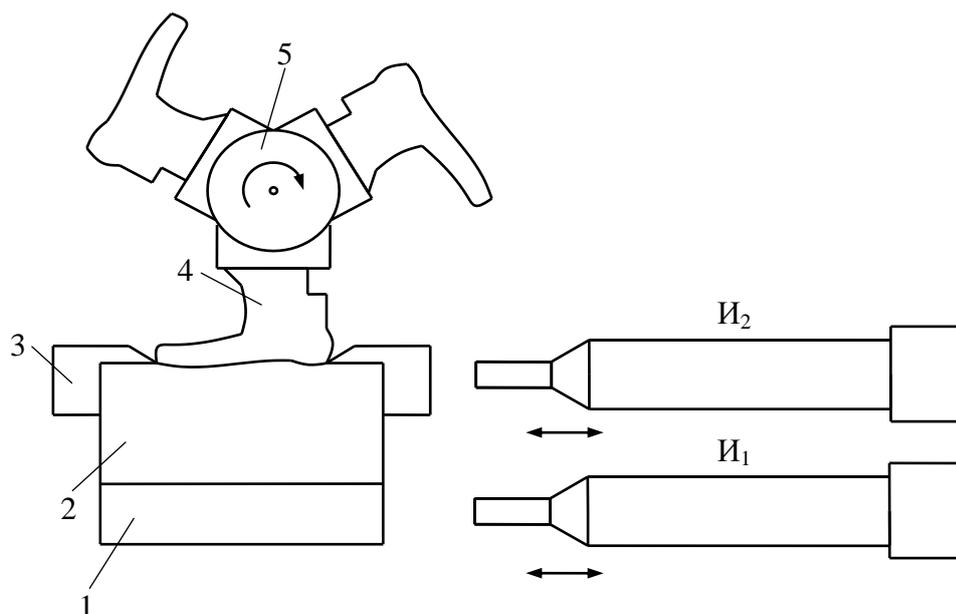


Рисунок 7.2 – Схема статического агрегата ТМ 477-2 фирмы Main Group для прямого литья низа на обувь:

1,2 – основной и промежуточный пуансоны; 3 – полуматрица; 4 – литьевая колодка; 5 – колодочный суппорт; И₁, И₂ – инжекторы

Рассмотрим принципы прямого литья на примере формирования двухслойного низа на обуви для активного отдыха (рисунок 7.3).



Рисунок 7.3 – Обувь для активного отдыха с двухслойным низом

Последовательность процесса прямого литья двухслойного низа на обувь с помощью промежуточного пуансона иллюстрируется на рисунке 7.4.

Объемная заготовка верха типа «чулок» надевается на раздвижную колодку 5 литьевого агрегата и формуется за счет перемещения пяточной части колодки. Заготовка верха может быть отформована также обтяжно-затяжным способом с последующей ее установкой на литьевую колодку или шнуровой затяжкой на литьевой колодке.

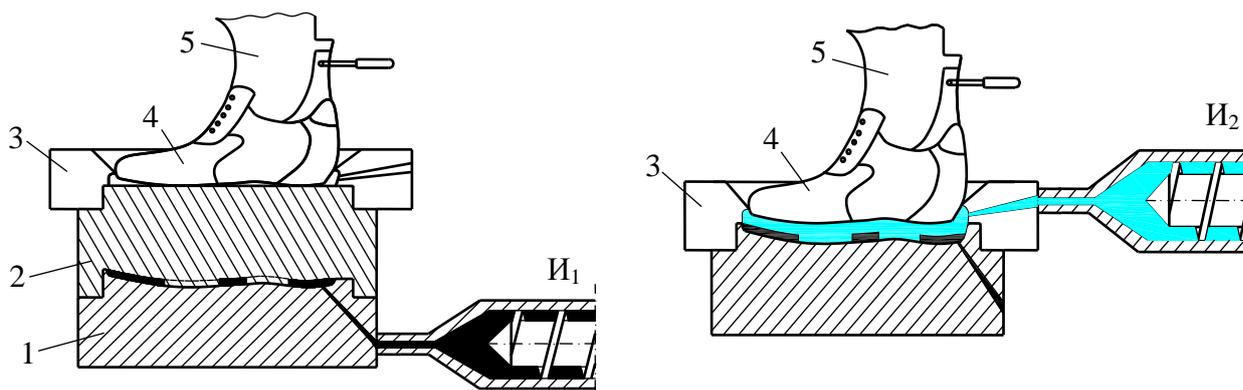


Рисунок 7.4 – Этапы прямого литья двухслойного низа с помощью промежуточного пуансона:

1, 2 – основной и промежуточный пуансоны; 3 – полуматрица;
4 – заготовка верха; 5 – литевая колодка; И₁, И₂ – инжекторы

Если формирование заготовки верха производится внутренним способом на раздвижной литевой колодке, то взъерошивание краев заготовки (если эта операция требуется) и нанесение клеевого слоя производится непосредственно на литевых агрегатах. При формировании заготовки верха обтяжно-затяжным способом операции взъерошивание и нанесение клея производится до надевания заготовок на литевые колодки.

На первом этапе прямого литья формуется ходовая часть низа обуви. Для этого между основным пуансоном 1 и литевой колодкой 5 устанавливается промежуточный пуансон 2, образующий полость для ходового слоя подошвы (рисунок 7.4 а).

При прямом литье на многопозиционном агрегате формирование ходового слоя производится на позиции I (рисунок 7.1). В этой позиции инжектор И₁ подходит к блоку литевой формы и формует ходовой слой из монолитной (или пористой повышенной плотности) термопластичной композиции (рисунок 7.4 а). При повороте блока литевой формы до позиции IV ходовой слой низа предварительно охлаждается. В позиции IV пуансоны 1 и 2 опускаются, промежуточный пуансон 2 удаляется (выдвигается в сторону), а основной пуансон 1 поднимается. В результате образуется полость между отлитым ходовым слоем, следом заготовки верха 4 и полуматрицами 3.

В позиции V к блоку литевой формы подходит инжектор И₂ (рисунок 7.1) и формует внутренний слой низа из пористого материала (рисунок 7.4 б). Одновременно происходит литевое крепление верхнего слоя с верхом обуви и его соединение с ходовой частью низа. Охлаждение отформованного двухслойного низа обуви производится во время поворота блока литевой формы до позиции IX. На позиции IX блок литевой формы размыкается и колодочный суппорт с готовой обувью поворачивается на 180° (рисунок 7.1). В позиции X обувь снимается с литевой колодки, и на колодку надевается заготовка верха.

Процесс прямого литья двухслойного низа на статических агрегатах производится в такой же последовательности. Отличие состоит в том, что формование ходового и внутреннего слоев комбинированного низа производится в одной позиции блока литейной формы. Подчеркнем, что, поскольку в статических агрегатах блоки литейных форм не перемещаются относительно инжекторов, то у каждого блока установлено два инжектора (рисунок 7.2).

Литейное формование слоев низа обуви может производиться и в обратной последовательности. В этом случае верхняя часть промежуточного пуансона, полуматрицы и след заготовки верха на колодке образуют полость для формования внутреннего слоя низа. После литья внутреннего слоя промежуточный пуансон удаляется, и после подъема основного пуансона образуется полость для формования ходового слоя. Однако такая последовательность процесса чаще применяется для формования низа с обоими слоями из монолитной или пористой подошвенной композиции.

На колодочных суппортах литейных агрегатов для прямого литья двухслойных подошв по второму способу с одной стороны крепятся раздвижные литейные колодки, а с другой стороны – пуансоны, называемые «ложной» колодкой. Последовательность формования двухслойного низа иллюстрируется на рисунке 7.5.

При прямом литье на карусельных агрегатах основной пуансон 1 и «ложная» колодка 2 смыкаются и образуют полость для формования ходового слоя подошвы (рисунок 7.5 а).

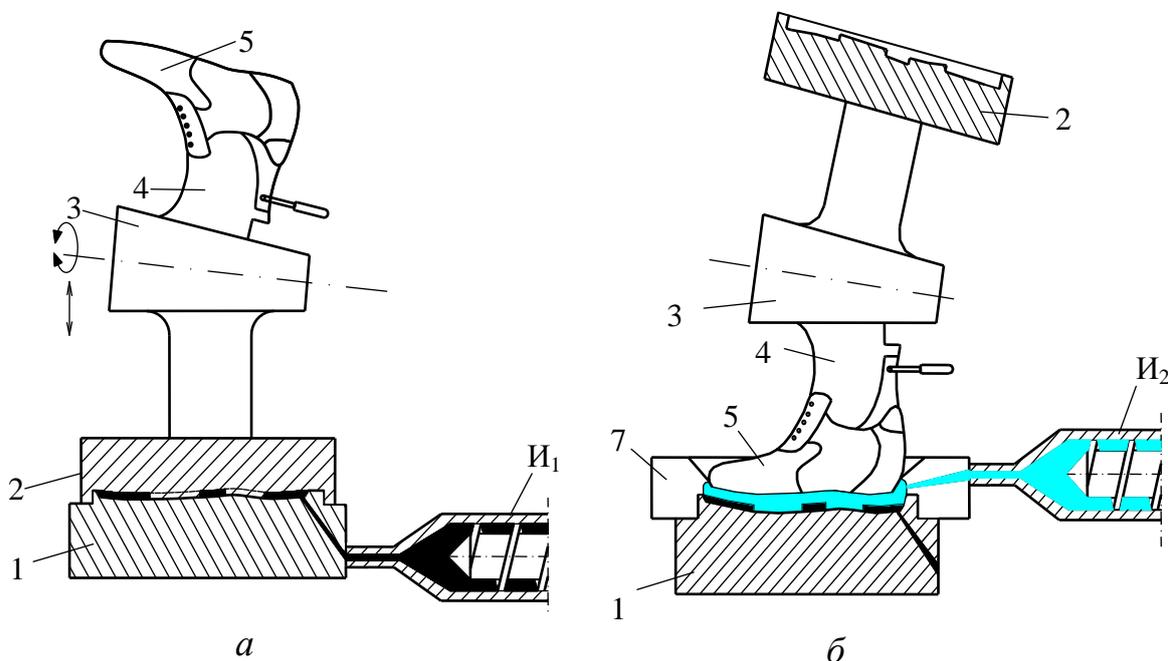


Рис. 7.5 – Схема прямого литья двухслойного низа обуви с использованием «ложной» колодки:

1- пуансон; 2 – «ложная» колодка; 3 – колодочный суппорт; 4 – литейная колодка; 5 – заготовка верха обуви; И1 и И2 – инжекторы; 7 – полуматрицы

На позиции I (рисунок 7.1) эта полость заполняется расплавом из инжектора И₁. В позиции IV пуансон 1 и «ложная» колодка 2 размыкаются,

колодочный суппорт 3 поворачивается на 180° . Затем полуматрицы 7 смыкаются и образуют полость для внутреннего слоя низа обуви.

На позиции V инжектор И₂ заполняет эту полость и формирует внутренний слой низа (рисунок 7.5 б). Охлаждение отформованного двухслойного низа производится при повороте замкнутого блока формы до позиции IX. В позиции IX блок литевой формы размыкается, а колодочный суппорт поворачивается на 180° . На позиции X готовая обувь снимается с литевой колодки и на нее надевается заготовка верха (рисунок 7.1).

Карусельный агрегат для прямого литья двухслойного низа на обувь с помощью, установленных на колодочных суппортах «ложных» колодок представлен на рисунке 7.6. Двухсекционный агрегат статического типа показан на рисунке 7.7.

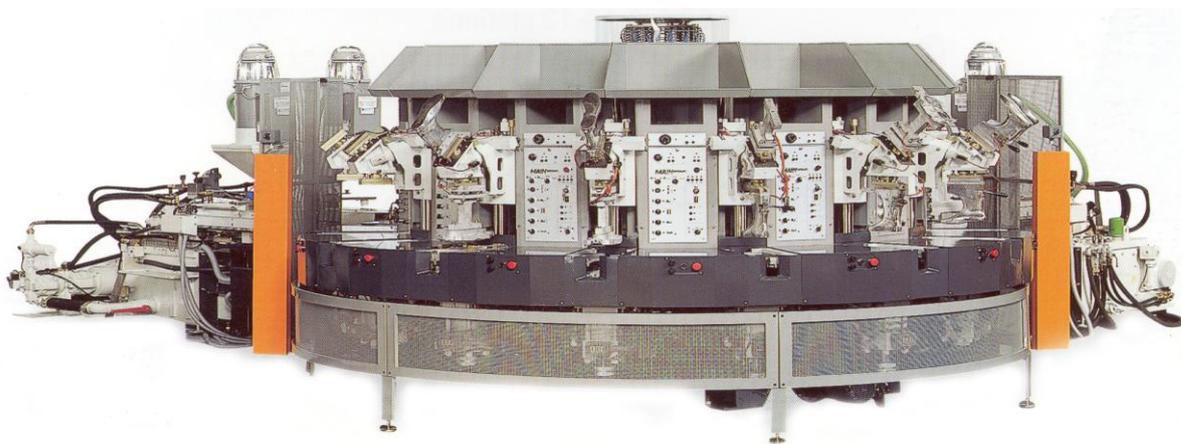


Рисунок 7.6 – Карусельный агрегат Т 307-12 фирмы Main Group



Рисунок 7.7 – Агрегат ТМ 477-2 статического типа фирмы Main Group для формования двухслойного низа на обуви

По рассмотренным способам производится прямое литье многослойного низа на обуви, при этом число инжекторов литьевого агрегата равно количеству элементов из подошвенного материала разной плотности и цвета.

Рассмотренные технологии формования комбинированного низа обуви относятся к интегрированному процессу. Неинтегрированный процесс изготовления комбинированного низа из одноименных подошвенных материалов применяется реже. Сущность неинтегрированного процесса заключается в том, что сначала на отдельных агрегатах формуется элементы комбинированных подошв. Затем отформованные элементы укладываются в соответствующие гнезда полости литьевой формы для прямого литья низа на обувь. При этом расплав подошвенной композиции за счет диффузионных процессов прочно скрепляется со вставками. Для повышения прочности скрепления поверхность адгезионного контакта вставок предварительно подогревается. Однако для скрепления малогабаритных вставок их подогрев не обязателен.

7.1.2 Прямое литье комбинированного низа из литьевых полиуретанов

Ходовой слой изготавливается небольшой толщины (до 3-4 мм) из монолитной или пористой композиции повышенной плотности ($800-900 \text{ кг/м}^3$). Внутренний слой формуется из микропористого полиуретана плотностью $350-650 \text{ кг/м}^3$ и его толщина достигает 10 мм, а для некоторых конструкций обуви и более [56, 143].

Комбинированный низ обуви из литьевых полиуретановых систем формуется в интегрированном процессе на литьевых агрегатах карусельного типа. Поскольку время формирования структуры полиуретановой композиции в закрытой литьевой форме до приобретения формоустойчивости изделия составляет 2-6 мин, то число позиций карусельных агрегатов составляет 24-48.

Рассмотрим процесс прямого литья двухслойного низа на обувь на 24-ти позиционном литьевом агрегате D 583/24 фирмы Desma. Компоновка агрегата представлена на рисунке 7.8. Агрегат состоит из карусели, на которой расположены блоки литьевых форм 1-24, и двух инжекторов I_1 и I_2 для формования ходового и внутреннего слоёв низа обуви.

Опрыскивание оформляющей поверхности литьевой формы антиадгезионной смазкой производится роботизированным автоматом P_1 . Взъерошивание затяжной кромки при изготовлении обуви с верхом из кож с лицевым покрытием осуществляется роботизированным комплексом P_2 . После каждого впрыска реагентов композиции впрыскивающие сопла инжекторов очищаются от остатков смеси автоматическими скребками C_1 и C_2 .

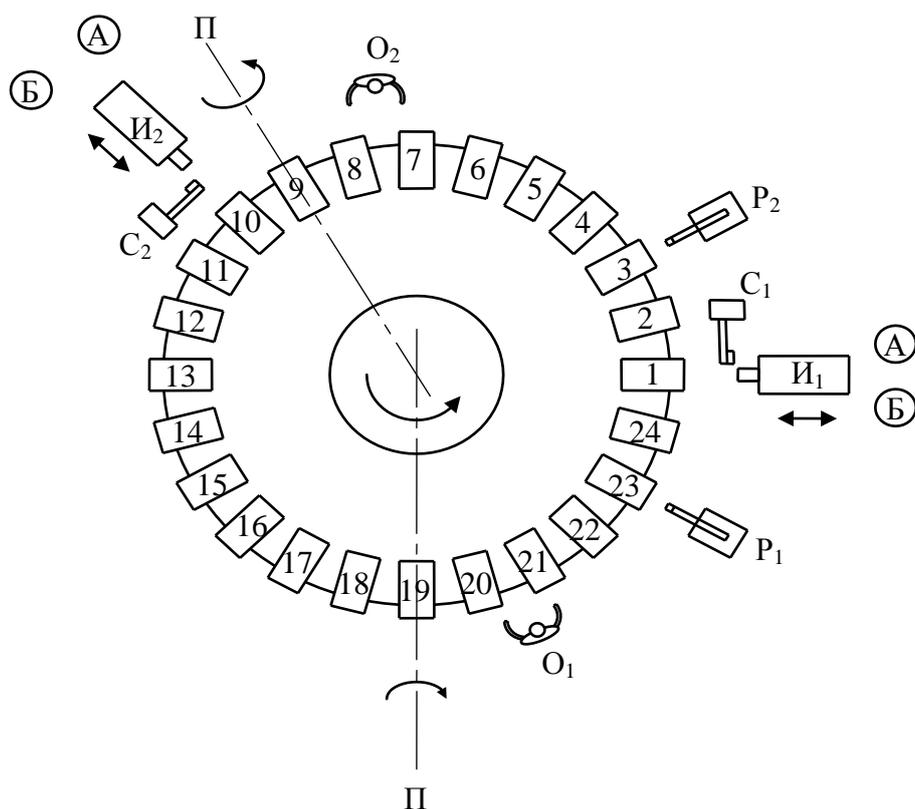


Рисунок 7.8 – Компонровка карусельного агрегата D 583/24 для прямого литья двухслойного полиуретанового низа на обувь:

- 1...24 – позиции литьевых форм; И₁, И₂ – инжекторы;
 А, Б – емкости для компонентов композиции; С₁, С₂ – автоматические скребки;
 Р₁ – робот для распыления смазки; Р₂ – робот для взъерошивания;
 П – поворот суппорта колодок; О₁, О₂ – операторы

Опрыскивание оформляющей поверхности литьевой формы антиадгезионной смазкой производится роботизированным автоматом Р₁. Взъерошивание затяжной кромки при изготовлении обуви с верхом из кож с лицевым покрытием осуществляется роботизированным комплексом Р₂. После каждого впрыска реагентов композиции впрыскивающие сопла инжекторов очищаются от остатков смеси автоматическими скребками С₁ и С₂.

Последовательность процесса формования двухслойного низа обуви иллюстрируется на рисунке 7.9.

Блок литьевых форм состоит из раздвижной литьевой колодки 5, верхнего пуансона («ложной» колодки) 3, нижнего пуансона 1 и полуматриц 2. Ввиду низкого давления при формовании низа из полиуретановых композиций (до 0,5 МПа) иногда применяют съемные пластмассовые нераздвижные колодки. В этом случае перед приливанием низа к верху обуви на суппорт 4 устанавливают пластмассовые колодки с отформованным верхом. При этом формование заготовок верха производится обтяжно-затяжным способом вне литьевого агрегата.

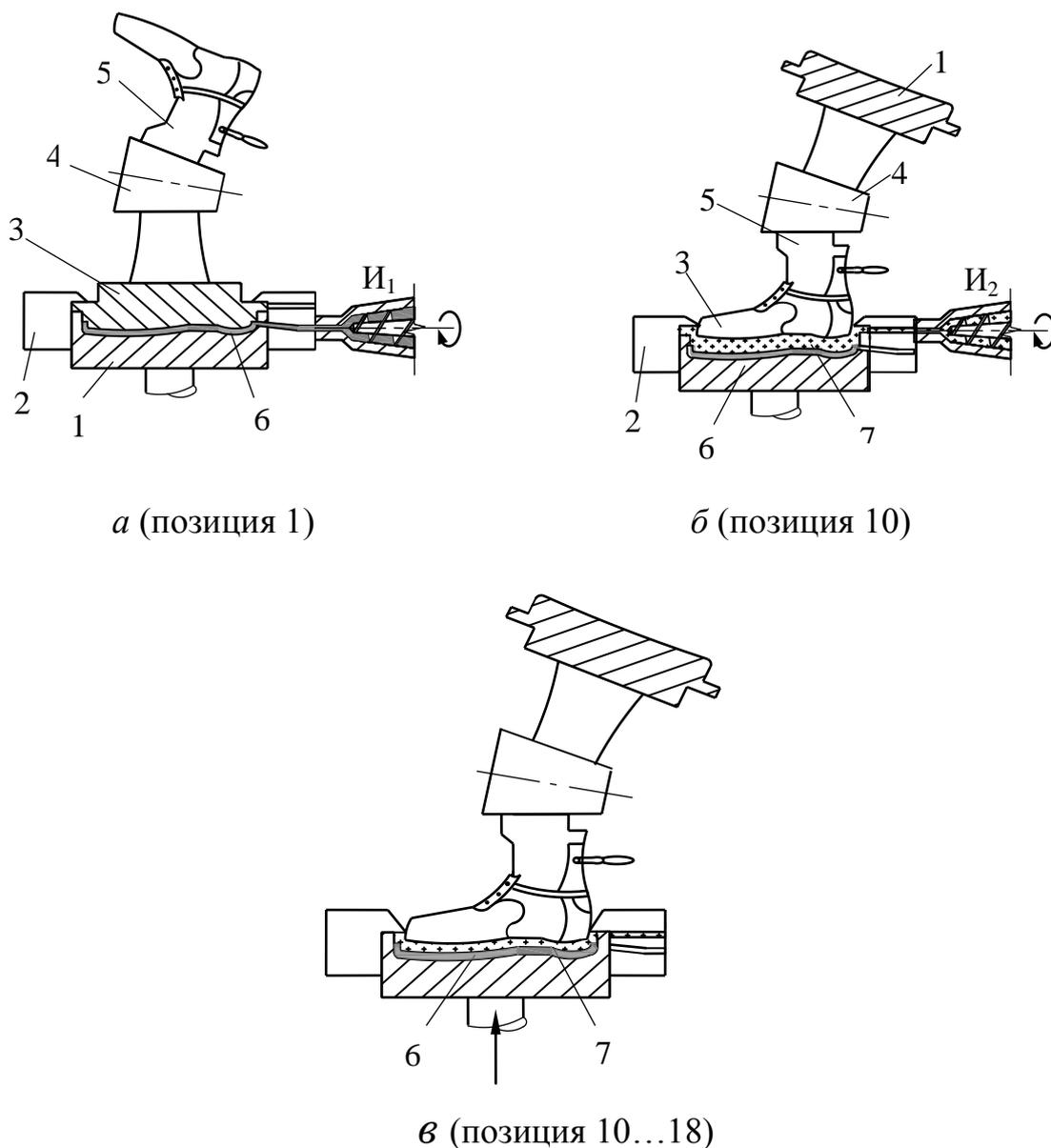


Рисунок 7.9 – Схема прямого литья комбинированного низа из полиуретановых композиций двух плотностей: 1 – нижний пуансон; 2 – полуматрица; 3 – верхний пуансон; 4 – суппорт колодки; 5 – колодка с заготовкой верха; 6 – ходовой слой низа; 7 – внутренний (пористый) слой низа

В позиции 1 (рисунок 7.8) блок литейной формы замкнут, и образует полость для ходового слоя низа обуви. В этой позиции инжектор I_1 подходит к замкнутому блоку литейной формы и заполняет полость формы литейной композицией (рисунок 7.9 а). После впрыска реагентов литейной композиции инжектор I_1 отходит в исходное положение, после чего автоматический скребок C_1 очищает впрыскивающее сопло от остатков литейной смеси (рисунок 7.8).

После перемещения блока литейных форм в позицию 3 робот P_2 производит взъерошивание контура следа заготовки верха. При производстве обуви из материалов верха, не требующих взъерошивания, а также при формовании и взъерошивании заготовок верха на съемных колодках вне

литьевых агрегатов, последние не оснащаются роботом для взъерошивания.

Во время перемещения литьевой формы с отлитым ходовым слоем с позиции 1 до позиции 9 (рисунок 7.8) происходят реакции образования полиуретана, в результате которых композиция теряет текучесть, а изделие приобретает формоустойчивость. В позиции 8 оператор O_2 удаляет литники (литники следует удалять до полного завершения реакции формирования структуры полиуретана, когда когезионная прочность материала ещё не велика).

В позиции 9 блок литьевой формы размыкается, суппорт колодок поднимается, поворачивается на 180^0 , после чего литьевая форма вновь замыкается, при этом отлитый ходовой слой остается на нижнем пуансоне.

В позиции 10 производится литье внутреннего слоя из пористой композиции. Для этого инжектор I_2 подходит к литьевой форме и впрыскивает определенную дозу смеси в полость формы, образованную отлитым ходовым слоем 6, следом заготовки верха и замкнутыми на ней полуматрицами 2 (рисунок 7.9 б). По окончании впрыска реагентов нижний пуансон 1 приподнимается и создает дополнительное давление на смесь (рисунок 7.9). Это необходимо, во-первых, для четкого оформления рельефа поверхности низа обуви, поскольку внутреннее давление в полости формы, создаваемое при расширении порообразующих газов, для этого недостаточно. Во-вторых – для обеспечения прочного литьевого соединения внутреннего слоя с ходовым и с верхом обуви.

За период поворота блока литьевой формы с 10-ой до 19-ой позиции происходит формирование пористой структуры внутреннего слоя и его соединение с верхом обуви и ходовым слоем подошвы. В позиции 19 литьевая форма размыкается, и суппорт колодки поворачивается на 180^0 . На позициях 20-21 оператор O_1 снимает готовую обувь и надевает на литьевую колодку новую заготовку верха. В позиции 23 робот P_1 производит опрыскивание оформляющих поверхностей нижнего и верхнего пуансонов антиадгезионной смазкой, и далее цикл работы агрегата повторяется.

По рассмотренному принципу работает агрегат PU208 фирмы Main Group. Общий вид агрегата представлен на рисунке 7.10.



Рисунок 7.10 – Карусельный агрегат PU208 фирмы Main Group для литья двухслойного низа на обувь из полиуретановых композиций

7.1.3 Прямое литье комбинированного низа из резин

Прямое литье двухслойного и разноцветного низа обуви из резины аналогично процессу формования комбинированного низа из термопластичных подошвенных материалов. Однако литье под давлением низа из резиновых смесей имеет ряд специфических особенностей. Во-первых, ввиду высокой вязкости резиновых смесей инжекторы развивают давление до 200 МПа. Поэтому литьевые формы чаще изготавливаются из стали (а не из алюминиевых сплавов, как формы для термопластичных композиций) и имеют мощные механизмы запирания, обеспечивающие усилие до 3000 кН.

Во-вторых, фиксация формы отливаемых резиновых изделий осуществляется за счет вулканизации резиновой смеси в обогреваемых литьевых формах. Параллельно с вулканизацией производится процесс порообразования внутреннего слоя низа.

В-третьих, для получения пористого слоя низа при его литьевом формовании объем полости формы увеличивается за счет перемещения («отпуска») пуансона. При этом пуансон перемещается в заданный временной период цикла формования на определенную величину и с заданной скоростью.

С учетом этих особенностей прямое литье двухслойного низа из резин производится в соответствии с принципиальной схемой, представленной на рисунках 7.4 и 7.5.

Для изготовления изделий из композиций высокой вязкости в конце 20-го века разработаны модифицированные технологии инжекционно-прессового способа литьевого формования. Эти технологии реализованы в литьевых агрегатах фирмы «Main Group» (система Incom process) и Desma (способ Des-flow), предназначенных для формования комбинированных подошв. Принципиально система Incom process и способ Des-flow не отличаются, различия в деталях реализации инжекционно-прессового способа формования [39].

Инжекционно-прессовый способ формования низа обуви заключается в выдавливании из инжектора определенной дозы расплава резиновой смеси на чашеобразный пуансон при разомкнутом положении элементов литьевой формы. Для этого либо удлиненное сопло инжектора вводится внутрь зоны блока литьевой формы, либо чашеобразный пуансон выдвигается на каретке и устанавливается под соплом инжектора (рисунок 7.11 а). Затем из сопла инжектора I_1 на поверхность пуансона I выдавливается расплав резиновой смеси. Одновременно с выдавливанием смеси инжектор I_1 перемещается с определённой скоростью вдоль оси пуансона (рисунок 7.11 б). Таким образом, на поверхность пуансона укладывается строго определенная доза смеси.

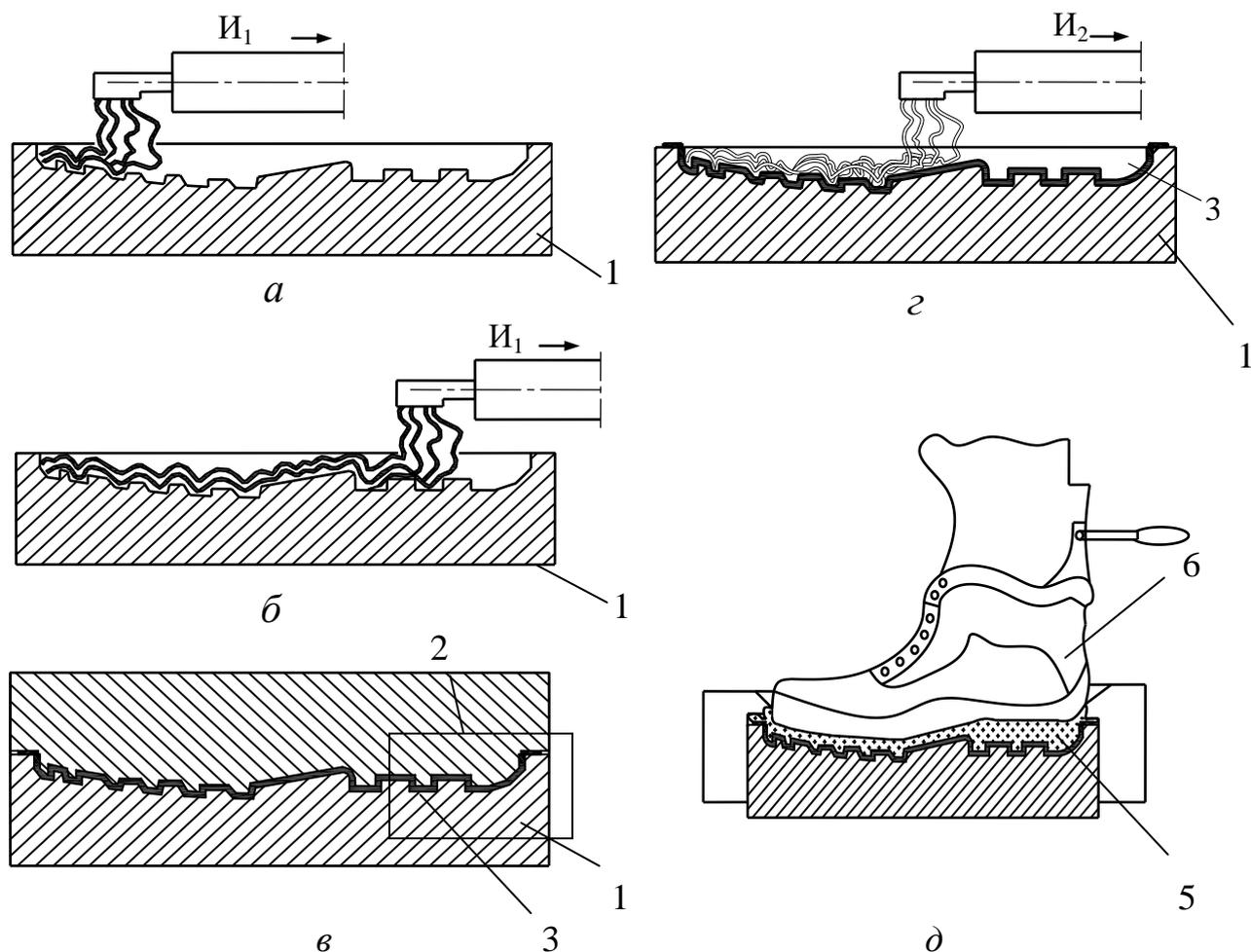


Рисунок 7.11 – Схема инъекционно-прессового формования двухслойного низа обуви:
 1- чашеобразный пуансон; 2- матрица;
 3,5- ходовой и внутренний слой подошвы; 6 - заготовка верха обуви;
 И₁, И₂ - инжекторы

На втором этапе формования (после выведения удлиненного сопла из зоны литьевой формы или возвращения пуансона в исходное положение) пуансон 1 поднимается, и резиновая смесь прессуется между пуансоном 1 и матрицей 2 (рисунок 7.11 в). Следует отметить, что на чашеобразный пуансон 1 укладывается объем смеси больший, чем объем ходового слоя подошвы. При прессовании излишек смеси выдавливается в зазоры между плоскостями смыкания пуансона 1 и матрицы 2. Этим обеспечивается стабилизация толщины формируемого слоя и создание давления, необходимого для его формования.

На третьем этапе матрица 2 удаляется, а чашеобразный пуансон 1 устанавливается под соплом инжектора И₂. На поверхность отформованного ранее ходового слоя 3 из инжектора И₂ выдавливается расплав пористой резиновой смеси (рисунок 7.11 г). На завершающем этапе пористая смесь прессуется за счет подъема пуансона 1 к заготовке верха, надетой на колодку. Происходит формирование внутреннего слоя 5 его соединение с ходовым слоем и крепление к верху обуви (рисунок 7.11 д).

При прессовании излишки пористой резины также выдавливаются в зазоры между полуматрицами и заготовкой верха обуви. После завершения процесса вулканизации и извлечения изделий, образующиеся по контуру подошвы выпрессовки обрезаются.

Для обеспечения прочного соединения слоев подошвы формирование внутреннего слоя должно производиться после определенного этапа частичной вулканизации ходового слоя. При чрезмерной длительности этого этапа прочность соединения слоев снижается. Однако приформовывание внешнего слоя к совершенно невулканизованному ходовому слою может приводить к нечеткости линии раздела слоев, ухудшающей внешний вид изделия.

На рисунке 7.12 приведен общий вид агрегата Star 297-24 фирмы «Main Group» для прямого литья двухслойного резинового низа на обувь инъекционно-прессовым способом.

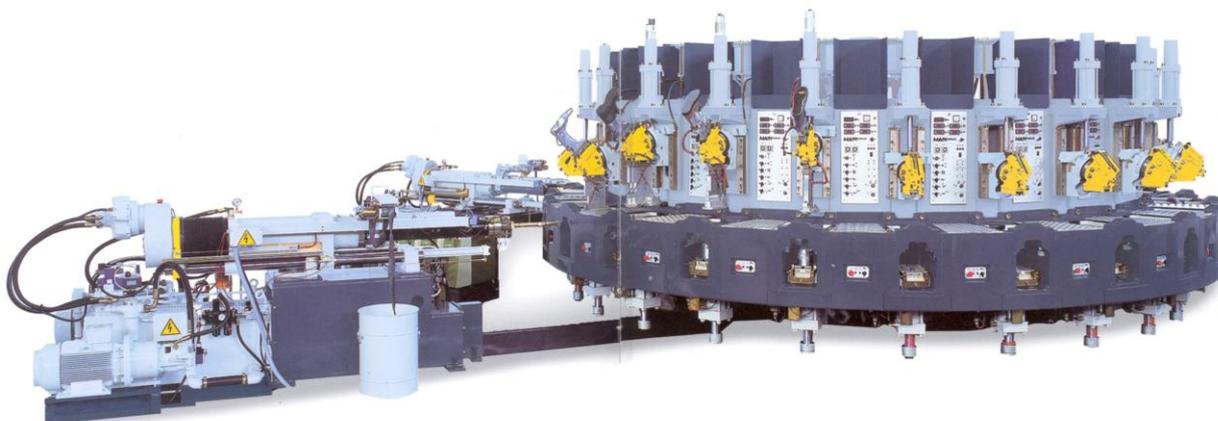


Рисунок 7.12 – Литьевой агрегат Star 297-24 фирмы Main Group для прямого литья двухслойного низа на обувь из резин

Агрегат имеет карусель с 24-мя формоносителями. На формоносителях монтируются блоки литьевых форм, литьевые и «ложные» колодки. Инжекционная часть агрегата состоит из двух скомпонованных V-образно инжекторов. При укладке резиновой смеси на пуансон удлиненные сопла инжекторов вводятся в зону блока литьевых форм. При прямом литье формируется ходовой слой подошвы из непористой и внутренняя часть из пористой резины плотностью до 600 кг/м^3 .

Агрегаты серии Star адаптированы для присоединения роботизированных комплексов для взъерошивания следа верха обуви, нанесения клея и обрезки выпрессовок [56, 39].

Инжекционно-прессовый способ формования имеет следующие существенные преимущества.

Во-первых, способ позволяет формировать тонкостенный (до 2 мм) ходовой слой, что невозможно при литьевом (классическом) или интрузионном способах формования. Во-вторых, создаются более благоприятные условия для порообразования и получения внутреннего слоя пониженной плотности. В-

третьих, отпадает необходимость в мощных инжекторах и механизмах запирающей формы, поскольку давление впрыска дозы расплава резиновой смеси в открытую форму невелико. И, наконец, благодаря отсутствию высоких напряжений сдвига и снижению процессов мехнодеструкции, сопровождающих заполнение под высоким давлением замкнутых литьевых форм, изделия обладают более высокими механическими свойствами.

7.2 Формование комбинированного низа обуви из материалов разной химической природы

При производстве комбинированного низа из одноименных материалов прочное литьевое скрепление элементов обеспечивается за счет взаимодиффузии материалов. Однако для литьевого соединения элементов из композиций разной химической природы это условие недостаточно. Поэтому, прежде всего, надо знать условия обеспечения прочного литьевого соединения разноименных материалов.

Без дополнительных технологических мероприятий надежно скрепляются лишь близкие по химической природе ТПУ и литьевые ПУ. Несмотря на высокие адгезионные свойства, литьевые ПУ не обеспечивают достаточно прочные литьевые соединения ни с ПВХ-пластикатами, ни с резинами.

Что касается термоэластопластов, то принципиально они могут применяться для формования ходового слоя при условии химической обработки поверхности их литьевого скрепления с другими подошвенными композициями. Однако химическая обработка значительно усложняет процесс, поэтому термоэластопласты не применяются для формования комбинированного низа обуви, состоящего из материалов разной химической природы. Дополнительной причиной этого являются невысокая теплостойкость термоэластопластов и их низкая стойкость к действию агрессивных сред.

7.2.1 Прямое литье комбинированного низа с ходовым слоем из резин

Изготовление комбинированного низа с ходовым слоем из резин и внутренней пористой частью из литьевых ПУ производится в интегрированном и неинтегрированном процессах [144, 147].

Обеспечение требуемой прочности литьевого соединения слоев подошв достигается тремя способами. По первому способу поверхность литьевого крепления отформованного резинового слоя галогенируется, сушится в течение 20-30 мин, после чего на неё наносится слой клеевой композиции. Вторым способом состоит в формовании ходового слоя с прокладкой на его неходовой поверхности. Прокладка (из нетканого материала или трикотажной ткани) хорошо скрепляется с резиной и с материалами внутреннего слоя комбинированного низа обуви. Третий способ заключается в применении для формования ходового слоя резиновой смеси специального композиционного состава, обеспечивающего высокую адгезию к литьевым ПУ без химической

обработки и нанесения клеевого слоя [56].

Компоновка 18-ти позиционного литьевого агрегата U 77/GPU-I фирмы Main Group для прямого литья комбинированного низа на обувь с галогенированием поверхности ходового слоя и нанесением на него клеевого слоя представлена на рисунке 7.13.

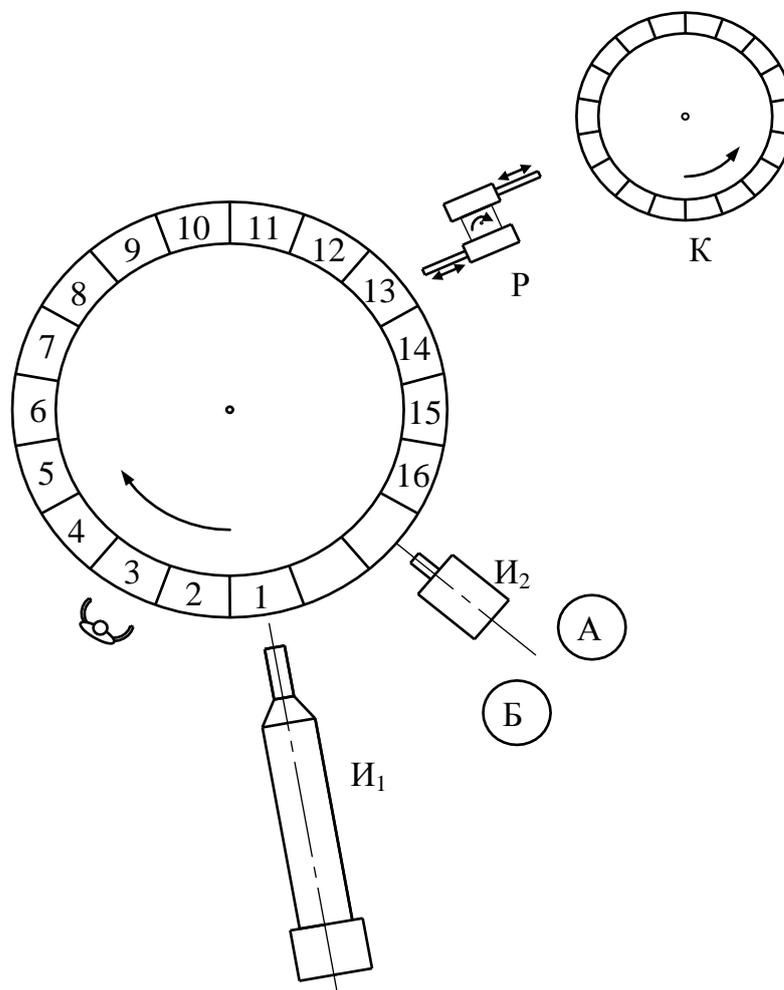


Рисунок 7.13 – Компоновка литьевого агрегата U 77/GPU-I для прямого литья комбинированного низа на обувь:
1...18 - секции формоносителей; И₁, И₂ - инжекторы; Р - робот для переноса резинового слоя подошв;
К - карусель аппарата для химической обработки

Агрегат оснащен двумя инжекторами И₁ и И₂ для литьевого формования резинового ходового слоя и внутренней части низа из литьевого ПУ. Каждая из секций карусели агрегата состоит из двух этажей литьевых форм. На нижнем этаже формируется ходовой слой, на верхнем – производится приливание реагентов полиуретановой композиции к ходовому слою и к верху обуви. После формования и вулканизации ходового слоя, он извлекается из формы роботом Р и переносится на карусельный аппарат К для галогенирования и нанесения клеевого слоя. После химической обработки робот Р возвращает ходовой слой на верхний этаж блока литьевых форм. Снятие с литьевой колодки готовой обуви и надевание заготовки верха производится оператором.

Цикл работы агрегата поясняется циклограммой на рисунке 7.14.

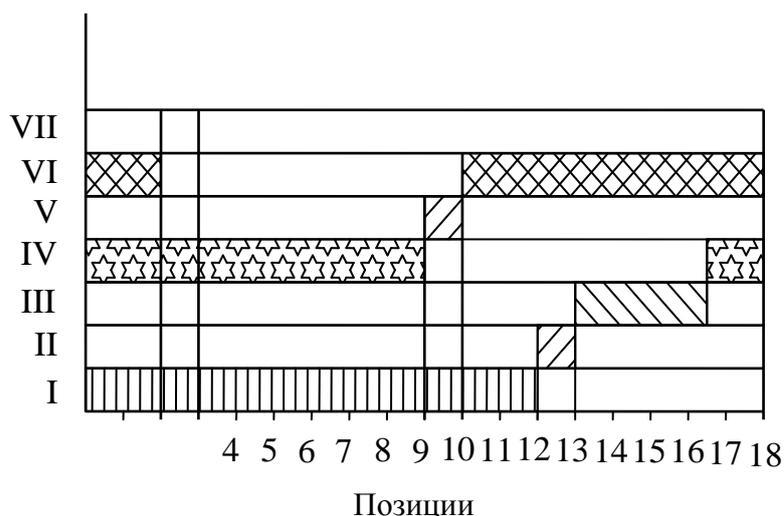


Рисунок 7.14 – Циклограмма работы карусельного агрегата U 77/GPU-I при литьевом формовании подошв из комбинированных материалов:

- I – литьевое формование и вулканизация ходового слоя из резины; II – извлечение из нижнего этажа формы ходового слоя и установка в верхний этаж формы обработанной детали;
- III – перемещение обработанного слоя на карусели; IV – приливание полиуретановой композиции к ходовому слою и к верху обуви; V – раскрытие полуматриц, поворот суппорта колодок и смыкание полуматриц; VI – окончательное формирование структуры полиуретанового слоя;
- VII – снятие обуви с колодки, установка на нее новой заготовки верха

Основные этапы производства комбинированного низа обуви иллюстрируются на рисунке 7.15. В позиции 1 формоносителей инжектор И₁ подходит к замкнутой литьевой форме нижнего блока и заполняет полость формы резиновой смесью (рисунок 7.15 а). За время поворота литьевой формы на карусели до позиции 13 происходит частичная вулканизация ходового слоя подошвы (рисунок 7.13).

В позиции 13 пуансон 2 поднимается, размыкая литьевую форму. В пространство между матрицей 1 и пуансоном 2 вводится телескопический рычаг («рука») 6, и отформованный ходовой слой 8 подошвы захватывается присоской 7. Одновременно в секцию карусели К вводится телескопический рычаг 9 с присоской 10, которая захватывает обработанный ходовой слой 11 подошвы (рисунок 7.15 б). После этого рычаги 6 и 9 слегка поднимаются, отрывая слой подошвы 8 от оформляющей поверхности матрицы 1, а обработанную деталь 11 от установочного гнезда секции карусельного аппарата К. Затем телескопические рычаги 6 и 9 задвигаются, поворачиваются на 180°, а рычаг 9 дополнительно поднимается до верхнего этажа блока литьевых форм.

В этом положении телескопические рычаги 6 и 9 вновь выдвигаются и слегка опускаются, а их присоски освобождают удерживаемые детали. Таким путем обработанный ходовой слой 11 устанавливается на пуансон 3 верхнего блока форм, а отформованный слой 8 – в секцию аппарата К для галогенирования и нанесения на него клеевого слоя (рисунок 7.15 в).

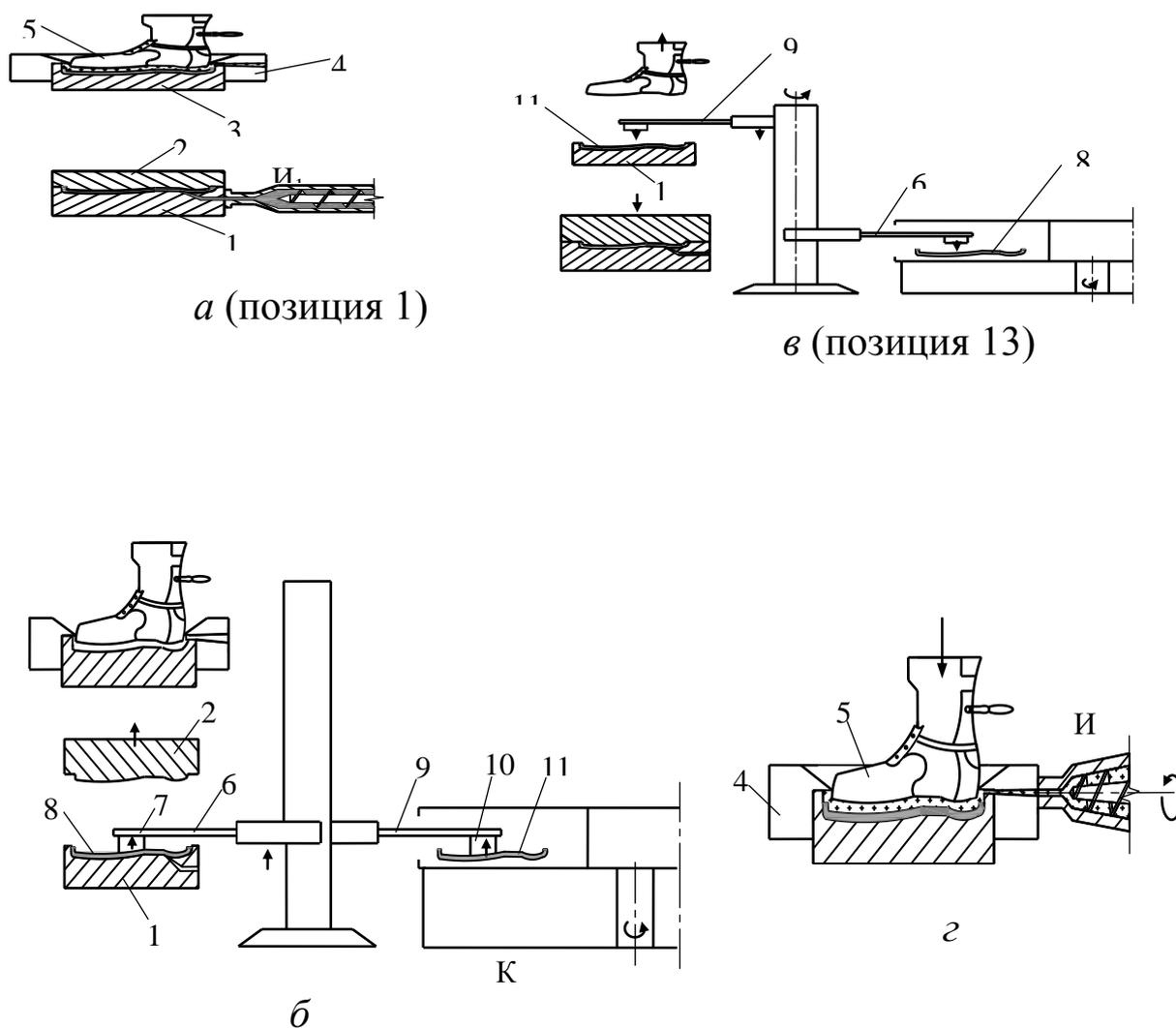


Рисунок 7.15 – Основные этапы изготовления комбинированного низа обуви:
 а - формирование ходового слоя из резины; б - захват отформованного резинового слоя из литейной формы и обработанного слоя из аппарата для химической обработки;
 в - укладка обработанного изделия в литейную форму и отформованного ходового слоя в аппарат для химической обработки; г - литьё внутреннего слоя комбинированного низа обуви

После установки деталей 8 и 11 телескопические рычаги задвигаются, литейная колодка опускается, и полуматрицы 4 замыкаются на заготовке верха 5. В позиции 17 к верхнему блоку литейной формы подходит инжектор И₂ и заполняет смесью реагентов полость между следом заготовки верха 5 и обработанным ходовым слоем 11 (рисунок 7.15 г).

При повороте литейной формы с позиции 17 до позиции 9 происходят химические реакции образования полиуретана и формирование пористой структуры внутреннего слоя низа обуви, в результате чего материал приобретает формоустойчивость. В позиции 9 полуматрицы 4 размыкаются, колодочный суппорт поднимается и поворачивается на 180°. За время поворота разомкнутой литейной формы с положением обуви следом вверх завершается формирование структуры внутреннего слоя низа. В позиции 3 оператор снимает

с колодки готовую обувь и надевает новую заготовку верха (рисунок 7.13, см. также рисунок 7.14).

Таким образом, надевая на литьевую колодку заготовка верха обуви до снятия с колодки готовой обуви совершает два полных оборота на карусели литьевого агрегата. Совершенно очевидно, что такты работы каруселей литьевого агрегата и автоматического аппарата для химической обработки синхронизированы.

Разработана и менее дорогостоящая версия U 77/GPU-C агрегата для производства двухслойного низа на обуви по изложенному принципу. Такой агрегат не имеет инжектора I_1 для литья резинового слоя и робота Р. При работе агрегата в позиции I оператор загружает в раскрытую форму заготовку сырой резиновой смеси, которая формуются прессовым механизмом. Снятие отформованного резинового слоя низа, его подача в аппарат для галогенирования и нанесения клея и установка обработанного ходового слоя в верхний этаж блока литьевой формы производится также вручную.

Способ литьевого крепления ходового резинового слоя с внутренним из пористого полиуретана с помощью прокладок применен в литьевом агрегате D 581/12 фирмы Desma. Компоновку и принцип работы этого агрегата можно представить на основе рисунка 7.1, полагая, что I_1 – это инжектор для инъекционно-прессового формования резинового слоя, а I_2 – для литья пористого внутреннего из полиуретана [143].

На позициях X-XI оператор укладывает прокладку на оформляющую поверхность «ложной» колодки. После поворота колодочного суппорта на 90° оператор очищает элементы литьевой формы и наносит на ее оформляющие поверхности антиадгезионную смазку. Затем, после поворота колодки в верхнее положение снимает с нее готовую обувь и надевает новую заготовку верха.

В позиции I производится выдавливание дозы резиновой смеси на пуансон, после чего «ложная» колодка с прокладкой опускается вниз. Форма замыкается, а пуансон поднимается, прессует резиновую смесь и скрепляет ее с прокладкой.

Во время поворота блока литьевой формы с II до V позиции происходит вулканизация резиновой смеси. В позиции III производится взерошивание следа верха (при необходимости). Операция выполняется роботом или вручную. В позиции IV форма раскрывается, колодочный суппорт поднимается и поворачивается на 180° , при этом отформованный резиновый слой остается на пуансоне. Затем колодка с заготовкой верха опускается, форма замыкается и отливается внутренний слой из пористого полиуретана.

За период поворота блока литьевой формы до позиции X происходят реакции формирования структуры полиуретана, дальнейшей вулканизации резинового слоя и скрепление элементов комбинированного низа обуви.

В конце 90-ых годов прошлого века, разработана технология изготовления двухслойного низа с применением инъекционно-прессового способа формования ходового слоя из резиновой смеси особого композиционного состава. Инъекционно-прессовый способ формования

ходового слоя из резины рассмотрен ранее (см. рисунок 7.11). Состав компонентов этой резиновой смеси, названной разработчиками Friendly Rubber, обеспечивает прочное литьевое соединение с литьевым полиуретаном без галогенирования и клеев и без прокладок [56, 143]. Несмотря на более высокую стоимость резины Friendly Rubber и необходимость более тщательного соблюдения технологических режимов, стоимость изделий снижается за счет отсутствия операций галогенирования поверхности литьевого крепления и нанесения на неё клея. Эта технология реализована в литьевых агрегатах Pragma Combi фирмы Main Group. Процесс формования двухслойного низа на агрегатах Pragma Combi рассматривается ниже.

Неинтегрированный процесс изготовления двухслойного низа заключается в формовании ходового резинового слоя на универсальных литьевых агрегатах с последующей его установкой в формы агрегатов для литья полиуретановой композиции. В случае применения для ходового слоя резины Friendly Rubber химическая обработка поверхности литьевого крепления и нанесение клея не требуется. Преимущества неинтегрированного процесса заключаются в следующем. Во-первых, для его реализации не требуются дорогостоящие специализированные литьевые агрегаты. Формование элементов двухслойного низа производится на универсальных агрегатах, на которых устанавливаются соответствующие литьевые формы. Во-вторых, процессы раздельного формования слоев на разных агрегатах легче поддаются контролю и управлению. Однако неинтегрированные процессы предусматривают применение ручных операций (выемка отформованного резинового слоя, его перенос и установка в форму агрегата для литья полиуретанового слоя, которая должна выполняться с особой тщательностью).

7.2.2 Прямое литье комбинированного низа с ходовым слоем из термопластичных композиций

Среди термопластичных подошвенных материалов только композиции на основе ТПУ приближаются к резинам по стойкости к воздействию высоких и низких температур, агрессивных сред и по сопротивлению к скольжению по грунту. Поэтому материалы на основе ТПУ, несмотря на их высокую стоимость, наиболее целесообразны для изготовления ходовых слоёв комбинированного низа.

При изготовлении низа с ходовым слоем из ТПУ внутренний слой чаще всего формируется из литьевого ПУ. Это обусловлено не только возможностями изготовления из литьевых ПУ изделий низкой плотности с высокими механическими и амортизационными свойствами. Не менее существенным является простота обеспечения высокой прочности литьевого соединения этих материалов, поскольку они близки по своей химической природе. В настоящее время интенсивно развивается технология формования из этих материалов низа на обувь и подошв отдельно в интегрированном и неинтегрированном процессах.

Примером интегрированного процесса прямого литья комбинированного низа из ТПУ и литьевого ПУ на обувь служит технология формования на специализированных литьевых агрегатах Pragma Combi (фирма Main Group, Италия) [56, 143]. Агрегаты серии Pragma Combi выпускаются в двух модификациях: для формования ходовых слоев из термопластичных материалов (ТПУ, ПВХ-пластиков) и из резины. Различные версии агрегатов имеют 18, 24 и 30 формоносителей. На рисунке 7.16 представлена компоновка 24-х позиционного агрегата. Общий вид агрегата Pragma Combi-24 приведен на рисунке 7.17.

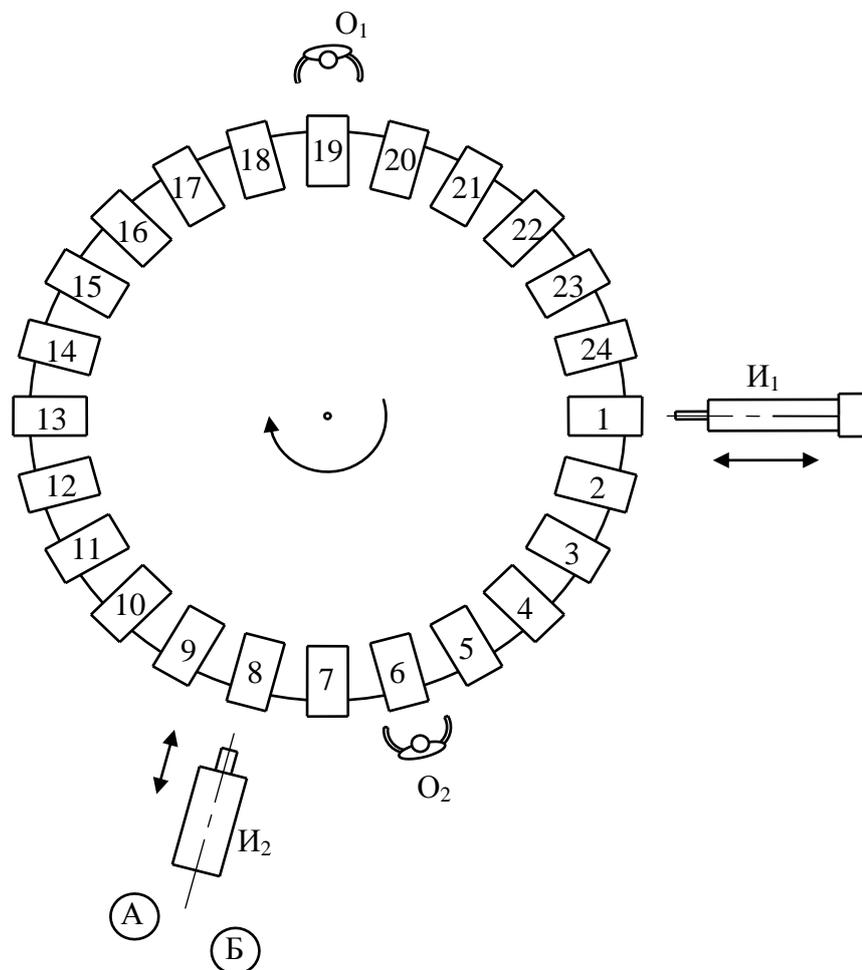


Рисунок 7.16 – Компоновка литьевого агрегата Pragma Combi - 24:

И₁, И₂ - инжекторы для литья ТПУ и ПУ соответственно;
1...24 – позиции формоносителей; О₁, О₂ – операторы



Рисунок 7.17 – Литьевой агрегат Pragma Combi - 24 фирмы Main Group для прямого литья двухслойного низа на обувь из ТПУ и ПУ.

Агрегат имеет инжектор I_1 для литья ходового слоя низа из ТПУ и I_2 для формования внутреннего слоя из литьевого ПУ. Инжектор I_1 укомплектован системой инъекционно-прессового формования Incom Process.

Основные этапы интегрированного процесса изготовления низа на обуви иллюстрируются на рисунке 7.18.

В позиции 1 блока литьевой формы (рисунок 7.16) полуматрицы разомкнуты. Колодочный суппорт 4 повернут на 90° , вследствие чего литьевая и «ложная» колодки расположены горизонтально (рисунок 7.18 а). Это необходимо для свободного подхода инжектора I_1 в зону литьевой формы. Каретка 2 выдвигается из формоносителя 1 и устанавливает смонтированную на ней корытообразную матрицу 3 под инжектором I_1 . Инжектор I_1 также выдвигается и, расположив сопло над носочной частью полости матрицы 3, выдавливает расплав ТПУ. Одновременно с выдавливанием расплава инжектор перемещается вдоль оси полости матрицы. Происходит равномерная укладка дозированного объёма расплава на оформляющую полость матрицы (рисунок 7.18 б).

После выдавливания заданной дозы расплава матрица 3 возвращается в формоноситель 1. Суппорт 4 поворачивается и устанавливает «ложную» колодку 5 над матрицей 3. За счёт взаимного перемещения матрицы и суппорта расплав ТПУ прессуется и происходит формообразование ходового слоя низа (рисунок 7.18 в). При прессовании расплава излишки материала выдавливаются в зазоры между плоскостями смыкания элементов формы. Толщина формируемого слоя из ТПУ может достигать 1,5 мм, что является существенным преимуществом инъекционно-прессового способа формования.

Ввиду малой толщины ходового слоя изделие быстро охлаждается в форме и приобретает формоустойчивость. В позиции 3 (рисунок 7.16) полуматрицы 7 размыкаются, суппорт 4 поднимается и поворачивается на 180° , устанавливая литьевую колодку с заготовкой верха над матрицей. Причём, при размыкании «ложной колодки» 5 и матрицы 3 отформованный ходовой слой остаётся в полости последней.

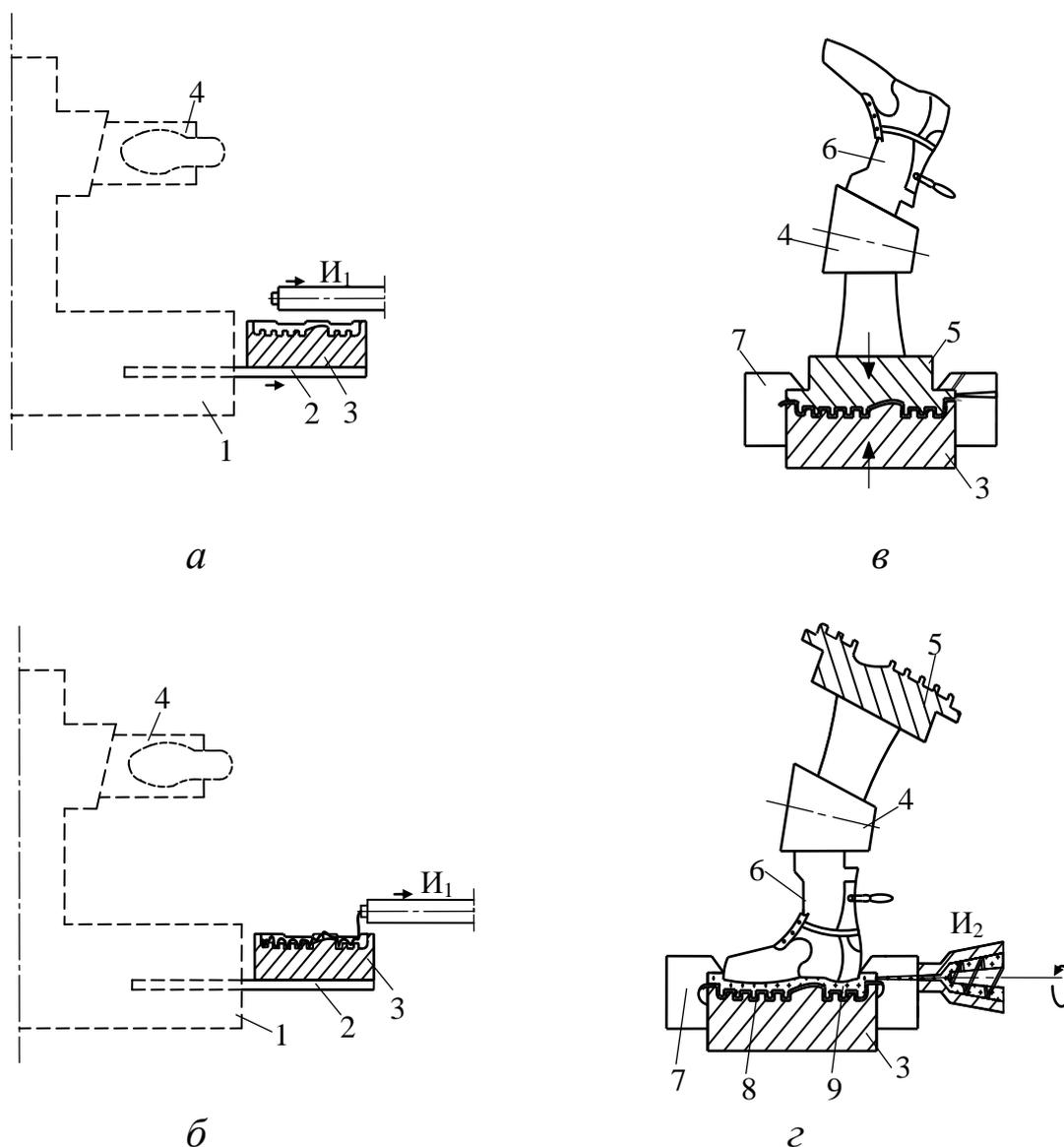


Рисунок 7.18 – Основные этапы интегрированного процесса изготовления низа на обуви

В позициях 4...6 оператор O_2 наносит на открытые оформляющие поверхности форм антиадгезионную смазку и контролирует состояние её элементов. В позиции 7 (рисунок 7.16) поверхность литьевого крепления ходового слоя нагревается специальными лампами. Эта операция производится по мере необходимости, когда из-за малой толщины ходового слоя поверхность литьевого крепления имеет слишком низкую температуру.

В позиции 8 (рисунок 7.16) блок литевой формы замыкается, после чего к ней подходит инжектор I_2 и заполняет смесью реагентов полость между следом заготовки верха и ходовым слоем (рисунок 7.18 г). После заполнения формы матрица 3 приподнимается для формования внутреннего слоя и обеспечения прочного литьевого крепления пористого полиуретана с верхом обуви и ходовым слоем низа.

Во время поворота блока литевой формы до позиции 17 происходят реакции образования полиуретана и его вспенивание. В позиции 17 блок литевой формы размыкается, а колодочный суппорт поворачивается на 180°, располагая литевую колодку с обувью следом вверх. В позициях 18...20 оператор O_1 снимает готовую обувь с колодки и надевает на неё новую заготовку верха (рисунок 7.16). Далее цикл изготовления комбинированного низа на обуви повторяется. Заключительной операцией изготовления комбинированного низа является обрезка выпрессовок.

Композиции на основе ТПУ выпускаются не только различных цветов и оттенков, но и оптически прозрачными. Последнее открывает широкие возможности декорирования ходовой поверхности низа. Такое декорирование производится путём установки между слоями комбинированного низа трикотажной прокладки, имеющей рисунки или орнамент.

Прокладка накладывается на оформляющую поверхность «ложной» колодки и фиксируется на ней непосредственно перед формованием ходового слоя. Для закрепления прокладок на оформляющей поверхности литевых форм прокладки предварительно электризуются. За счет действия электростатического поля прокладки притягиваются к металлу литевой формы и прочно фиксируются на ней. На рассмотренном литевом агрегате эта операция выполняется оператором O_2 на позициях 4...6. В этом случае нанесение антиадгезионной смазки на поверхность «ложной колодки» не требуется.

При прессовании расплава ТПУ трикотажная прокладка, благодаря своей эластичности, приформовывается к рельефу внутренней стороны ходового слоя и образует с ним прочное литевое соединение. К обратной (нелицевой) стороне прокладки приливается затем смесь реагентов при формовании пористого внутреннего слоя низа из литевых ПУ.

Для трикотажной прокладки подбираются материалы, образующие прочные литевые соединения с подошвенными композициями. Это позволяет использовать для изготовления ходового слоя более дешевые ПВХ-пластикаты, которые не способны напрямую скрепляться с литевым ПУ ввиду разной химической природы этих материалов.

При изготовлении комбинированного низа в неинтегрированном процессе на литевых агрегатах общего назначения отдельно формуется ходовые слои. Затем отформованные изделия укладываются в формы для приливания к заготовкам верха литевых ПУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Stampplast: новый стиль, новые технологии // Кожевенно-обувная промышленность. – 2003. – №4. – С. 35.
2. Александров С.П. Развитие обувной промышленности // Кожевенно-обувная промышленность. – 2003. – №4. – С. 22-24.
3. SAMESS.R.L. – Лидер в производстве пресс-форм // Кожевенно-обувная промышленность. – 2013. – №1. – С. 23.
4. Синаюк Д.А. Новое в формовании и сборке обуви / Д.А. Синаюк, А.И. Залкинд. – М.: Легкая индустрия, 1978. – 184 с.
5. А.с. 1567163 СССР, МПК А43В 10/00. Способ изготовления обуви литьевого метода крепления. – 1990. Бюл. №20.
6. Карабанов П.С. Влияние режимов литьевого формования низа обуви на образование выпрессовок / П.С. Карабанов, Т.А. Дмитриенко // Кожевенно-обувная промышленность. – 1999. – №4. – С. 40-41.
7. Пат. 2119163 Франция, МПК А43 δ 35/00. Способ изготовления обуви. – 1972.
8. Пат. 572384 Австралия, МКИ⁴ А43 В 009/16. Способ литья подошв. – 1973.
9. Заявка 2389346 Франция, МКП А43 Д 65/02. Устройство для обеспечения герметичности литьевой формы. – 1978.
10. Пат. 2446896 ФРГ, МПК А430 Д 65/00. Пресс-форма. – 1978.
11. Заявка 2451815 Франция, МПК В29 С 1/01. Пресс-форма. – 1980.
12. А. с. 1662483 СССР, МПК А43 В 10/00. Способ изготовления обуви литьевого метода крепления. – 1991. Бюл. №26.
13. А. с. 1098540 СССР, МПК А43 В 9/16. Способ изготовления обуви с литьевой подошвой. – 1984. Бюл. №23.
14. Пат. 146586 ЧССР, МПК А43 В 13/04. Метод скрепления верха обуви с подошвой из термопластичных материалов. – 1975.
15. Заявка 2234934 Великобритания, МПК В29 С 67/14. Способ соединения подошвы и верха обуви. – 1991.
16. Пат. 1913176 ФРГ, МПК А43 В 9/20. Изготовление обуви типа сандалий. – 1979.
17. А. с. 1662483 СССР, МПК А43 В 10/00. Способ изготовления обуви литьевого метода крепления. – 1991. Бюл. №26.
18. Альтзицер В.С. Производство обуви из полимерных материалов / В.С. Альтзицер, В.Н. Красовский, В.Д. Меерсон: Под ред. В.А. Берестнева. – Л.: Химия, 1987. – 232 с.
19. Плотникова Л.Г. Совершенствование технологии производства с низом из ПВХ литьевого метода крепления // Кожевенно-обувная промышленность. – 1972. – №1. – С. 44-45.
20. Комиссаров С.А. Влияние режимов литья обувных материалов на прочность их склеивания // Кожевенно-обувная промышленность. – 1973. – №9. – С. 51-52.

21. Вейнберг И.А. Совершенствование технологии производства низа на обувь из полимерных материалов // Кожевенно-обувная промышленность. – 1983. – №8. – С. 29-30.
22. Батисене М.Ю. Влияние температуры литья термоэластопластов на прочность адгезионных соединений / М.Ю. Батисене, В.К. Мицкус, В.Л. Раяцкас, Б.С. Синкуте // Кожевенно-обувная промышленность. –1992.- №3.- С. 33-35.
23. Рывкин С.Б. Исследование факторов, влияющих на прочность связи полимерно-текстильных соединений спортивной обуви ни ее прогнозирование с использованием математических моделей: Дис...канд. техн. наук. – М.: ВЗИТЛП, 1979. – 169 с.
24. Берлин А.А. Основы адгезии и полимеров / А.А. Берлин, В.Е. Басин. – М.: Химия, 1974. – 392 с.
25. Горбаткина Ю.А. Адгезионная прочность в системах полимер-волокно / Ю.А. Горбаткина. – М.: Химия, 1987. – 191 с.
26. Тихомиров В.Б. Физико-химические основы получения нетканых материалов / В.Б. Тихомиров. – М.: Легкая индустрия, 1969. – 328 с.
27. Тихомиров В.Б. Исследование структурно-механических свойств клеевых нетканых материалов / В.Б. Тихомиров, В.Е. Гуев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1966. – №1. – С. 99-103.
28. Куриленко А.И. Адгезия волокнообразующих полимеров к высокоориентированным волокнам / А.И. Куриленко, Г.В. Ширяева // ВМС. – 1966. – Т. VIII. - №4. – С. 578-582.
29. Фрейдин А.С. Прочность и долговечность клеевых соединений: - 2 изд., перераб. и доп. / А.С. Фрейдин. – М.: Химия, 1981. – 272 с.
30. Басин В.Е. Адгезионная прочность / В.Е. Басин. – М.: Химия, 1981. – 208с.
31. Раяцкас В. Л. Механическая прочность клеевых соединений кожевенно-обувных материалов / В. Л. Раяцкас. – М.: Легкая индустрия, 1976. – 192 с.
32. Прохоров В. Т. Совершенствование технологии склеивания изделий из кожи / Т.В. прохоров, И.М. Мальцев, Е. И. Коваленко // Монография. – Шахты: ЮРГУЭС, 2002. – 372 с.
33. Морозова Л.П. Обувные клеи. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 128с.
34. Карабанов П.С., Бороздина Г.А. Формирование литевых соединений обувных материалов // Исторические аспекты и достижения обувщиков: Юбил. междунар. сб. научн. тр. – Шахты, 2001. – С. 165-168.
35. Черных Е.И. Специфическая адгезия в литевых соединениях ПВХ-пластикатов с тканями из синтетических волокон / Е.И. Черных, П.С. Карабанов // Новое в дизайне, моделировании, конструировании и технологии изделий из кожи: Материалы междунар. научн.-практ. конф. – Шахты: ЮРГУЭС, 2003. – С. 104-106.

36. Москалец Т.А. Факторы прочности литьевого скрепления обувных материалов / Т.А. Москалец, П.С. Карабанов, Е.И. Черных // Наука и образование. Новые технологии: Межвуз. Сб. научн. тр. Вып. 6. – М.: ИИЦ МГУДТ, 2003. – С. 21-23.

37. Черных Е.И. Влияние рецептуры подошвенного ПВХ-пластика на свойства литевых изделий / Е.И. Черных, Т.А. Москалец, П.С. Карабанов, Г.Б. Хен // Исторические аспекты и достижения обувщиков: Юбил. междунар. сб. научн. тр. – Шахты: ЮРГУЭС, 2001. – С. 168-173.

38. Черных Е.И. Влияние состава ПВХ-композиции обувного пластика на свойства литевых изделий / Е.И. Черных, Т.А. Москалец, П.С. Карабанов, Г.Б. Хен // Достижения науки и практики в деятельности образовательных учреждений: Материалы Всеросс. Научн.-практ. конф. – Кемерово, 2003. – С. 119-120.

39. Леденева И. Н. Технология изделий из кожи. Раздел: Методы крепления низа на обуви. Литевой метод крепления. Оборудование [Электронный ресурс] учебное пособие / Леденева И. Н., Фукин В. А., Фокина А. А. – М.: ИИЦ МГУДТ, 2006. – 89 с.

40. Карабанов П.С. Механическая адгезия в литевых соединениях подошвенных композиций с обувными тканями / П.С. Карабанов, Е.В. Комкова, Г.А. Бороздина // Новое в дизайне, моделировании, конструировании и технологии изделий из кожи: Материалы междунар. научн.-практ. конф. – Шахты: ЮРГУЭС, 2003. – С. 100-104.

41. Кинлок Э. Адгезия и адгезивы. Наука и технология / Э. Кинлок : Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 484 с.

42. Веселовский Р.А. Регулирование адгезионной прочности полимеров / Р.А. Веселовский. – Киев: Наук. Думка, 1988. – 176 с.

43. Воюцкий С.С. Аутогезия и адгезия высокополимеров / С.С. Воюцкий. – М.: Ростехиздат, 1960. – 283 с.

44. Москвитин Н.И. Склеивание полимеров / Н.И. Москвитин. – М.: Лесная пром-сть, 1968. – 304 с.

45. Карабанов П.С. Вероятностный анализ дефектов адгезионных соединений обувных материалов / П.С. Карабанов, О.Г. Куделин, В.А. Заев // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2003. – №3. – С. 122-124.

46. Румшинский Л.Э. Элементы теории вероятностей / Л.Э. Румшинский. – М.: Физматгиз, 1976. – 240 с.

47. Кардашов Д.А. Синтетические клеи. 3-е изд., перераб. и доп. / Кардашов Д.А. – М.: Химия, 1976. – 503 с.

48. Методы определения механических и адгезионных свойств полимерных покрытий / А.Т. Санжаровский. – М.: Наука, 1974. – 115 с.

49. Карабанов П.С. Исследование и проектирование элементов оснастки литевых машин обувного производства: Дис...канд. техн. наук. – М.: МТИЛП, 1981. – 151 с.

50. Белозеров Н.В. Технология резины: 3-е изд. перераб. и дополн. М.: Химия, 1979. - 472 с.
51. Гуменный Н.А., Рыбальченко В.В. Материалы для обуви и кожгалантереи: справочник. – М.: Техника, 1982. – 168 с.
52. Композиционные материалы на основе полиуретанов: Пер. с англ./ Под ред. Ф.А. Шутова. – М.: Химия, 1982. – 240 с.
53. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности: Учеб. для студ. вузов / А.П. Жихарев, Д.Г. Петропавловский, С.К. Кузин, В.Ю. Мишаков. – М.: Академия, 2004. – 448 с.
54. Материаловедение изделий из кожи: Учеб. для вузов/ Зурабян К.М., Краснов Б.Я., Берштейн М.М. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 416 с.
55. Карабанов П.С. Производство деталей низа обуви из комбинированных материалов: Учебное пособие. - Новосибирск 2007. - 151 с.
56. Перспективные искусственные материалы для низа обуви // Промышленность искусственных кож и пленочных материалов. Обзорная информ. 1988. – Вып.1. М.: ЦНИИТЭИ Легпром.
57. Термоэластопласты. Под ред. В.В. Моисеева. – М.: Химия, 1985. – 184 с.
58. Шварц А.С., Кондратьев Е.Ф. Современные материалы и их применение в обувном производстве. - М.: Легкая индустрия, 1978. – 224 с.
59. Карабанов П. С., Жихарев А. П., Белгородский В.С. Полимерные материалы для деталей низа обуви. – М.: КолосС, 2008. – 167 с.
60. Гвоздев Ю.М. Химическая технология изделий из кожи. - М.: Академия, 2003. – 256 с.
61. Лапшин В.В. Основы переработки термопластов литьем под давлением – М.: Химия, 1974. – 270 с.
62. Бортников В. Г. Теоретические основы и технология переработки пластических масс: Учебник/В.Г.Бортников - 3 изд. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 480 с.
63. Карабанов П.С., Дмитриенко Т.А. Влияние режимов литьевого формования низа обуви на образование выпрессовок // Кожевенно-обувная промышленность. – 1999. – №4. – С. 40-41.
64. Стронгин Б.М. Проектирование пресс-форм обувного производства – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 120 с.
65. Карабанов П.С. Свойства полимеров в процессах переработки при производстве изделий из кожи: Учебное пособие – Новосибирск: НТИ МГАЛП, 1997. – 103 с.
66. Карабанов П.С. Метод оценки формуемости подошвенных термопластичных композиций // Великий русский обувщик и время: Междунар. сб. научн. тр. Шахты. – 2000. – С. 132-135.
67. Карабанов П.С. Развитие теоретических основ литьевых методов в обувном производстве / Дисс. на соискание уч. степ. д. т. н. – Новосибирск 2004. – 312 с.

68. John Glenn. Sense part Temperature to minimize cooling time / *Plastics Technology* – 2005. – №3 – P.28-30.
69. Дмитриенко Т.А. Предотвращение выпрессовок при прямом литье низа на обувь // *Наука, технологии, инновации: Материалы докладов Всеросс. научн. конф. молодых ученых. Ч. 6.* – Новосибирск, 2003. – С. 22.
70. Карабанов П.С., Дмитриенко Т.А. Расчет параметров предотвращения выпрессовок при прямом литье // *Проблемы создания гибких технологических линий производства изделий из кожи: Тематический сборник науч. тр.* – Шахты: ЮРГУЭС, 2003. – С. 34-36.
71. DESMA: Практическое применение технологии прямого прилива подошв // *Кожевенно-обувная промышленность.* – 2006. - №3. – С. 17-18.
72. Козлов А.З. Исследование деформаций заготовок верха обуви при формовании и расчет параметров затяжных машин / Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – М.: 1979. – 26 с.
73. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Прогнозирование сложных деформационных процессов обувных материалов // *Кожевенно-обувная промышленность.* – 2006. – №3. – С. 48-49.
74. Замарашкин К.Н. Определение деформационных свойств кожи с помощью фрактальной размерности // *Кожевенно-обувная промышленность.* – 2005. – №3. – С. 43-45.
75. Замарашкин Н.В., Замарашкин К.Н. Обувь: проектирование, изготовление, эксплуатация: Монография. – СПб.: Изд-во СПГУТД, 2002. – 545с.
76. Бороздина Г.А. Исследование механизма образования литевых соединений / Г.А. Бороздина, П.С. Карабанов, Н.С. Москалева // *Новые технологии. Наука и образование: Сб. научн. тр. Вып. 4.* – М.: МГУДТ, 2002. – С. 25-28.
77. Калинчев Э.Л. Свойства и переработка термопластов: Справочное пособие / Э.Л. Калинчев, М.Б. Соковцева. – Л.: Химия, 1983. – 288 с.
78. Лапшин В.В. Основы переработки термопластов литьем под давлением / В.В. Лапшин. – М.: Химия, 1972. – 270 с.
79. Калинчев Э.Л., Соковцева М.Б. Свойства и переработка термопластов: справочное пособие. – Л.: Химия, 1983 – 288 с.
80. Карабанов П.С. Диффузионная модель формирования механической адгезионной связи в литевых соединениях / П.С. Карабанов, О.Г. Куделин, В.А. Заев // *Наука и образование. Новые технологии: Межвуз. Сб. научн. тр.* – М.: ИИЦ МГУДТ, 2003. – Вып. №6. – 42-47.
81. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. – М.: Наука, 1977. – 735 с.
82. Градштейн И.С. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений / И.С. Градштейн, Н.М. Рыжик. – М.: Наука, 1971. – 1108 с.
83. Воюцкий С.С. Физико-химические основы пропитывания и импрегнирования волокнистых систем водными дисперсиями полимеров / С.С. Воюцкий. – М.: Химия, 1969. – 336 с.

84.Москалец Т.А. Влияние структуры текстильных материалов верха обуви на прочность литевых соединений / Т.А. Москалец, П.С. Карабанов // Великий русский обувщик и время: Междунар. сб. научн. тр. – Шахты: ЮРГУЭС, 2000. – С. 135-138.

85.Москалец Т.А. Влияние типа и структуры материалов литевых изделий на прочность их скрепления / Т.А. Москалец, П.С. Карабанов // Новые технологии. Образование и наука: Сб. научн. тр. – М.: МГУДТ. – С. 97-101.

86.Карабанов, П.С. Механическая адгезия полимера с тканью в литевых соединениях / П.С. Карабанов, Г.А. Бороздина // Новые технологии. Наука и образование: Сб. научн. тр. – М.: МГУДТ, 2002. - Вып. 4. - С. 58-62.

87.Карабанов П.С. Анализ прочности литевых соединений подошвенных ПВХ-пластикатов с текстильными материалами / П.С. Карабанов, Т.А. Москалец // Великий русский обувщик и время – М.: Междунар. сб. научн. тр. – Шахты: ЮРГУЭС, 2000. – С. 138-141.

88.Карабанов П.С. Прочность литевого крепления пористого низа к материалам верха обуви / П.С. Карабанов, У.И. Рамхина // Новые технологии. Образование и наука: Сб. научн. тр. – М.: МГУДТ, 2002. – Вып. 4. – С. 28-31.

89.Карабанов П.С. Исследование режимов прямого литья низа на текстильную обувь. Сообщ. 1 / П.С. Карабанов, В.А. Фукин, Т.А. Москалец // Кожевенно-обувная промышленность. – 2002. – №3. – С. 40-42.

90.Карабанов П.С. Исследование режимов прямого литья низа на текстильную обувь. Сообщ. 2 / П.С. Карабанов, В.А. Фукин, Т.А. Москалец // Кожевенно-обувная промышленность. – 2002. – №5. – С. 36-37.

91.Карабанов П.С. Влияние температуры литья под давлением подошвенных композиций на прочность литевых соединений / П.С. Карабанов, Т.А. Москалец // Актуальные проблемы науки, техники и экономики легкой промышленности: Тез. докл. междунар. научн. – техн. конф. – М.: МГУДТ. – 2000. – С. 277.

92.Оршанский Г.И. Особенности изготовления обуви методами литья и горячей вулканизации // Кожевенно-обувная промышленность. – 1988. – №9. – С. 28-30.

93.Фокина А.А., Леденева И.Н. Автоматизированный каталог «Литьевое оборудование» // Кожевенно-обувная промышленность. – 2005. – №6. – С. 16-18.

94.Александров С.П. Производство рабочей и специальной обуви на литевых агрегатах DESMA // Кожевенно-обувная промышленность. – 2006. – №4. – С. 14-16.

95.Кристиан Декер. DESMA на острие прогресса // Кожевенно-обувная промышленность. – 2005. – №4. – С. 33-34.

96.Хакимова Г. MAIN GROUP на российском рынке // Кожевенно-обувная промышленность. – 2002. - №3. – С. 27-28.

97.Фомченкова Л.Н. Современная обувь из полимерных материалов // Кожевенно-обувная промышленность. – 2006. – №1. – С. 11-12.

98. Новые материалы для низа обуви // *Koza i obuka*. – 1985. – kni 34, №6. – S.133-134.
99. Roberts R.F., Ryan F.W., Schonhorn H., Sessler G.M. – *J. Appl. Polymer Sci.* – 1986. – vol 20, №1. – P.255-265.
100. Карабанов П.С., Бороздина Г.А., Дмитриенко Т.А. Научные основы обеспечения прочности литевых соединений обувных материалов. Заключительный отчет по гранту. Зарегистрирован в ВНТИЦ регистр. номер 01.2.00 315184 инв. номер 0220.0 600164 код ВНТИЦ 0203024370323.
101. Ермаков С.М., Жиглявский А.А. Математическая теория оптимального эксперимента: Учебн. пособие. – М.: Наука, 1987. – 320 с.
102. Тагер А. А. Физикохимия полимер. – 3-е изд., перераб. / А. А. Тегер. – М.: Химия, 1978. – 544 с.
103. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности). – М.: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.
104. Прохоров В. Т. Оптимизационные методы для решения технологических задач / В. Т. Прохоров, И. М. Мальцев. – Шахты, ЮРГУЭС. – 2003. – 423 с.
105. Вейнберг И.А. Совершенствование технологии производства низа на обувь из полимерных материалов // *Кожевенно-обувная промышленность*. – 2005. – №3. – С. 29-30.
106. Почему имеет приоритет прямое литье комбинированных материалов и полиуретана на заготовку? // *Кожевенно-обувная промышленность*. – 2004. - №2. – С. 31.
107. Морозова Л.П., Петрова С.А., Ушакова Н.В., Баблюян В.П. Прикрепление подошв к верху обуви из натуральной кожи без взъерошивания затяжной кромки // *Кожевенно-обувная промышленность*. – 1980. – №9. – С. 55-57.
108. Каркашадзе М.И., Зурабян К.М., Морозова Л.П. Изменение адгезии покрытия натуральной кожи в процессе приклеивания деталей низа к верху обуви // *Кожевенно-обувная промышленность*. – 1981. – №11. – С. 52-54.
109. Пятравичус А.В., Раяцкас В.Л. Исследование крепления подошв из резин и термопластов // *Кожевенно-обувная промышленность*. – 1982. – №6. – С. 17-19.
110. Пятравичус А.В. Совершенствование технологии крепления подошв из термоэластопластов и резины в обувной промышленности: Сб. научн. тр. – Вильнюс, 1981. – С. 27-29.
111. Каркашадзе М.И. Изготовление обуви химическим методом крепления без шершевания затяжной кромки // *Кожа и обувь*. – 2004. – № 4. – С. 40-42.
112. Справочник обувщика (технология) / Под ред. А.Н. Калиты. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 416с.

113. Бескорвайный В.В., Лебедев В.С., Устинов В.П. К вопросу о получении необходимой шероховатости поверхности обувных материалов при механической обработке – Сб.: Научные труды НИТХИБ, 1981. – Выпуск 19.
114. Надточиев Д.Н. Разработка научно-методических основ обеспечения качества взъерошивания заготовок обуви: Автореф. дис. на соискание уч. степ. к. т. н. – С.-Петербургский гос. ун-т технол. и дизайна, Санкт-Петербург, 2000. – 18с.
115. Карагезян Ю.А., Алексеев Ю., Бриш П. Современное зарубежное оборудование обувного производства – М.: Легпромбытиздат, 1993. - 145 с.
116. Новое оборудование // S-стиль. – 2005. - № 6. – С. 99.
117. Гвоздев Ю.М. Перспективы применения строчечно-литьевого метода крепления низа обуви // Совершенствование технологии кожи и меха и изделий из кожи. – М., 1993. – С. 108-114.
118. Фомченкова Л., Андреева Н. Новое оборудование для литья низа обуви // S-стиль. – 2002. – № 1. – С. 82-83.
119. Вольфганг Коливер. Принципы современного производства оборудования для изготовления обуви методом прямого литья // Кожевенно-обувная промышленность. – 2006. – №2. – С. 17-18.
120. Прохоров В.Т., Мальцев И.М. Оптимизационные методы для решения технологических задач. – Шахты, ЮРГУЭС. – 2003. – 423с.
121. ГОСТ 23554.0 – 70. Экспертные методы оценки качества промышленной продукции. Основные положения. Введ. с 01.01.1980г.
122. ГОСТ 23554.1 – 79. Экспертные методы оценки качества промышленной продукции. Организация и проведение экспертной оценки качества продукции. Введ. с 01.01.1981г.
123. ГОСТ 23554.2 – 81. Экспертные методы оценки качества промышленной продукции. Обработка значений экспертных оценок качества продукции. Введ. с 01.01.1983г.
124. Технология производства обуви литьевого и строчечно-литьевого методов крепления / ЦНИИлегпром Москва, 1987. – 30 с.
125. Тонковид Л.А. Автоматизация сборочных процессов в обувном производстве. – Киев: Техника, 1984. – 247 с.
126. Ключникова В.М., Кочеткова Т.С., Калита А.Н. Практикум по конструированию изделий из кожи: Учебн. пособие для студентов вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1985. – 336с.
127. ГОСТ 9292-82 «Обувь. Методы определения прочности крепления подошв в обуви химическими методами крепления» / ИПК Издательство стандартов – Москва, 1982. – 5 с.
128. Методы испытания обувных материалов и обуви. Ч. 1. / Физические и механические испытания основных обувных материалов и обуви. – ГНТИ Москва, 1954. – 491 с.
129. ГОСТ 21463-87 «Обувь. Нормы прочности» / Гос. комитет СССР по стандартам – Москва, 1987. – 8 с.

130. Менчак А.П., Нестеров В.П., Лысенко А.И. Совершенствование технологического процесса литья деталей низа на обуви из полиуретанов // Совершенствование технологии кожи и меха и изделий из кожи. – М., 1993. – С. 115-117.

131. ЗАО «КОРС» Вчера. Сегодня. Завтра. // Кожевенно-обувная промышленность. – 2004. - №4. – С. 38-39.

132. Пат. 2219814 РФ, МПК7 А43 В 9/18. Способ изготовления обуви литьевого метода крепления низа / Карабанов П.С., Савочкин О.В., Щербакова В.П., Казаков В.А. – 2003. – Оpubл. 27.12.03, бюл. №36.

133. Пат. 2223020 РФ, МПК7 А43 В 9/18. Способ изготовления обуви литьевого метода крепления низа / Карабанов П.С., Савочкин О.В., Щербакова В.П., Казаков В.А. – 2004. – Оpubл. 10.02.04, бюл. №36.

134. Пат. 221835 РФ, А43 В 9/8. Способ повышения прочности литьевого крепления пористого низа обуви и устройство для его осуществления / П.С. Карабанов, У.И. Рамхина, В.П. Щербакова, В.А. Казаков. – 2003. – оpubл. 201203, Бюл. № 35.

135. А.с. 1223550 СССР, В 23 Q 23/00. Способ копировальной обработки криволинейных контуров и поверхностей деталей / Ю.А. Балыкин, П.С. Карабанов (ДСП).

136. А.с. 1280811 СССР, В 23 Q 23/00. Способ копировальной обработки криволинейных контуров и поверхностей деталей / Ю.А. Балыкин, П.С. Карабанов (ДСП).

137. Тонковид Л.А. Автоматизация сборочных процессов в обувном производстве / Л.А. Тонковид. – Киев: Техника, 1984. – 247 с.

138. Бороздина Г.А., Карабанов П.С., Москалец Т.А. Исследование процесса подготовки следа хромовой обуви строчечно-литьевого метода крепления // Разработка новых технологических процессов, оборудования и автоматизации проектирования в легкой промышленности: Сб. научн. тр. – М.: НФМГАЛП, 1994. – С. 82-85.

139. Пат. 2134528 РФ, МПК6 А43 В 9/18. Способ изготовления обуви литьевого метода крепления низа / Карабанов П.С., Дмитриенко Т.А., Щербакова В.П., Казаков В.А. – 1999. - Оpubл. 20.08.99, бюл. №23.

140. Пат.2134528 РФ, А43 В 9/18. Способ повышения прочности литьевого крепления низа к материалам верха обуви / Карабанов П.С., Дмитриенко Т.А., Щербакова В.П., Казаков В.А. Оpubл. 20.08.99, Бюл. №23

141. Карабанов П.С. Влияние температуры литья низа обуви на образование выпрессовок // Новые технологии. Образование и наука: Сб. научн. тр. Вып. 2. – М.: МГУДТ. - 2000. – С. 122-124.

142. Дмитриенко Т.А., Карабанов П.С. Исследование факторов образования выпрессовок при прямом литье низа на обувь // Достижения науки и практики в деятельности образовательных учреждений: Мат-лы Всеросс. научн.-практ. конф. – Кемерово: Изд-во КГППК. – 2003. – С. 112-113.

143. Desma: как появляется рабочая обувь// Кожевенно-обувная промышленность. 2007. – №:1. – С.31-32.

144. Прямое литье и производство резиновых подошв на установках фирмы Desma // Кожевенно-обувная промышленность. – 2013. – № 2, С. 47.

145. Gusbi и Wintech – оборудование для производства подошв и обуви из полимерных материалов // Кожевенно-обувная промышленность. – 2014. – № 4, С.16.

146. Desma. На первом месте – безопасность // Кожевенно-обувная промышленность. – 2014. – №1, С. 40.

147. Desma. Интегрированный обувной дизайн с четырьмя слоями полиуретана // Кожевенно-обувная промышленность. – 2015. – № 1, С. 35.

ПРИЛОЖЕНИЕ А - Показатели свойств подошвенных материалов

Таблица А.1 – Свойства полиуретановых систем для низа обуви

Полиуретановые системы	Соотношение компонентов А:Б	Показатели свойств									
		ρ , 10^3 г/м ³ , не более	Н, усл. ед., не более	σ_p , МПа, не менее	ϵ_p , %, не менее	ΔV , мм ³ , не более	N _и , килоциклы, не менее, при температуре		τ_c , с, не более	t _ф , мин, не более	$\rho_{п,10^3}$ кг/м ³ , не более
							+20°C	-15°C			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Полиуретановые системы для формования подошв											
Байфлекс 50 TR	-	0,65	55	5,0	480	95	-	-	7	-	-
Байфлекс 50 T	-	0,6	55	5,0	500	95	-	-	7	-	-
Байфлекс 50 SR	-	0,65	55	7,0	660	90	-	-	7	-	-
Байфлекс 50 S	-	0,6	63	6,0	420	150	-	-	7	-	-
Extra E 56102	100: (92...95)	0,55	61	-	-	100	-	-	8	-	0,34
Extra E 44339	100: (93...97)	0,47	50	-	-	-	-	-	9	-	0,24
Extra E 16305	100:(67...71)	1,0	62	-	-	100	-	-	11	-	0,26
Norma N 47413	100:(125,5)	0,40	70	-	-	200	-	-	9	-	0,22
Norma N 46550	100:96,8	0,45	65	-	-	190	-	-	9	-	0,24
Norma N 46412	100:96,9	0,45	65	-	-	200	-	-	9	-	0,26
Соране ST5600С	100:95,6	0,55	69	5,7	440	320	50	50	5	3	0,35
	100:96,8	0,54	66	6,5	447	50	100	50	5	3	0,35
	100:98,0	0,54	68	7,0	420	81	100	50	5	3	0,35
	100:99,4	0,54	70	6,9	413	135	100	32	5	3	0,35
Авалон	100:100,4	0,53	70	7,0	400	65	55	30	7	3	0,3
Прокопон	100:1005,7	0,55	60	6,3	393	46	200	-	7	3	0,3
	100:1004,3	0,55	60	5,7	387	70	200	-	7		0,33

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Квазилан	100:1002,8	0,55	61	5,3	393	96	200	50	7	3	0,35
Ланкро	100:1001,5	0,55	59	3,8	347	75	51	-	7	3	0,35
Рутанол	108:100	0,65	67	6,5	430	49	100	50	7	3,5	-
Рутанд IC-253	-	1,05	83	11,7	500	64	100	50	-	-	-
Полиуретановые системы для прямого литья низа на обувь											
Соране 4500С	100:100,3	0,50	58	3,5	320	88	100	50	7	3	0,30
	100:103	0,47	58	4,9	360	75	100	50	8	3,5	0,40
Соране 6500С	100:81	0,56	59	4,8	360	84	100	100	-	-	-
	100:84	0,57	56	3,3	293	115	100	100	-	-	-
Соране ST-6700С	100:104,2	0,6	80	7,3	413	174	100	100	5	2,5	0,45
	100:101,2	0,6	81	7,5	440	173	100	100	7	2,5	0,42
	100:99	0,6	82	7,1	447	200	100	100	7	2,5	0,47

Примечание. В таблице обозначены следующие показатели: ρ – плотность изделий; Н – твердость по ТМ-2; σ_p – предел прочности при растяжении; ε – удлинение при разрыве; ΔV – истираемость; N_u – сопротивление многократному изгибу; τ_c – время «старта»; t_f – продолжительность формования (в форме); ρ_n – плотность свободной пены.

Таблица А.2 – Свойства композиционных ТПУ на основе простых и сложных олигоэфиров

Вид и марка ТПУ	На основе олигоэфиров	Показатели свойств								Температурные режимы литья под давлением	
		ρ , 10 ³ кг/м ³ , не более	Н, усл. ед., не более	σ_p , МПа, не менее	ϵ_p , %, не менее	ΔV , мм ³ , не более	Δm , мг, не более	N_u , килоциклы, не менее	T_{xp} , °С, не выше	T_l , °С	T_f , °С
Композиции Avalon фирмы Huntsman											
65AE	сложн.	1,18	65	20	700	60	-	250	-	175...195	25...50
75AE	сложн.	1,22	75	24	600	35	-	250	-	175...195	25...50
90AE	сложн.	1,23	90	30	450	35	-	250	-	175...195	25...50
95AE	сложн.	1,24	95	33	400	35	-	250	-	190...210	25...50
Композиции SmartLite фирмы Huntsman											
550	прост.	0,5	50	-	-	200	-	70	-	155...165	-
650	прост.	0,6	56	-	-	150	-	70	-	155...165	-
Композиции Десмопан фирмы Байер											
385	сложн.	-	85	35	400	30	-	-	-	-	-
460	сложн.	-	97	40	450	40	-	-	-	-	-
295	сложн.	-	98	40	400	35	-	-	-	-	-
Композиции Эстан фирмы Гудрич											
58300	прост.	1,13	80	35	550	-	3,4	-	-73	190...215	20...50
58103	сложн.	1,21	86	55	360	-	2,5	-	-73	190...215	20...50
58109	сложн.	1,20	90	29	330	-	-	-	-73	190...215	20...50
58600	сложн.	1,22	93	60	410	-	4,0	-	-63	190...215	20...50
58610	сложн.	1,22	87	59	520	-	7,5	-	-61	190...215	20...50
Композиции Ройлар фирмы Юнироал											
E-85	сложн.	1,12	85	41,0	560	-	46	-	-67,7	198...220	15...65
E-85ФР	прост.	1,17	85	31,6	600	-	54	-	-67,7	198...220	15...65
E-9	сложн.	1,14	90	40,7	540	-	70	-	-62,0	198...220	15...65
E-9ФР	прост.	1,15	90	28,1	500	-	115	-	-67,7	198...220	15...65
E-2	сложн.	1,10	92	37,2	450	-	111	-	-51	198...220	15...65

Примечание. В таблице обозначены: Δm – потеря массы при 1000 циклов истирания; T_{xp} – температура хрупкости; T_l – температура литья изделий; T_f – температура литьевой формы. Остальные показатели указаны в примечании к таблице А1.

Таблица А.3 – Технологические и физико-механические показатели свойств ПВХ-пластиков

Марка и вид пластика	Структура	Показатели свойств						
		ПТР, г/10 мин, не менее	ρ , 10^3 кг/м ³ , не более	Н, по Шору, усл. ед., не более	σ , МПа, не менее	ε , %, не менее	$t_{г/с}$, мин, не менее	$T_{хр}$, °С, не выше
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пластики ОАО «Уралхимпласт»								
ПЛ-2 ТУ 6-05751768-90-93	монолитная	4...20	-	80	7,84	270	85	-
ПЛП-2 ТУ 6-02-122-90	пористая	10	0,85	80	-	-	100	-
ПЛП-2М ТУ 2243-334-00208947-2001	пористая	10	0,85	80	-	-	100	-55
ПЛП-2 модифицированный ТУ 6-02-122-90	пористая	22,3	0,65	57	-	-	195	-
ПЛ-1 ТУ 6-05751768-90-93	монолитная	20...60	-	60	6,37	350	75	-
Тефлексы по ТУ 2243-503-557-78270-2003								
Тефлекс 120	монолитная	15	-	50	6,0	340	120	-45
Тефлекс 120М	монолитная	15	-	45	5,0	340	120	-50
Тефлекс 220	монолитная	5	-	55	7,5	340	130	-45
Тефлекс 220М	монолитная	15	-	45	5,0	340	120	-50
Тефлекс ТВП	пористая	15	0,85	80	-	-	130	-40
Пластики «Винилан» ОАО «Полигран», ТУ 2246-002-21346056-97								
П, вид 1	монолитная	5,0 (при 190°С)	1,3±0,1	90	8,0	270	100	-
П, вид 2	пористая	5,0	0,8	90	-	-	90	-
В, вид 1	монолитная	10...30	1,2±0,1	75	7,0	300	100	-

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
В, вид 2	пористая	10...30	0,8	75	-	-	90	-
МБП, вид 1	монолитная	5,0 (при 190°С)	1,27	80	8,0	270	100	-
МБП, вид 2	пористая	5,0	0,8	80	-	-	90	-
МБВ, вид 1	монолитная	10...30	1,27	75	7,0	300	100	-
МБВ, вид 2	пористая	10...30	0,8	75	-	-	90	-
МБО	монолитная	20...60	1,27	60	6,5	350	100	-
Пластикаты Кировского ОАО «Искож», ТУ 2243-017-46696320-2000								
ПЛ-2	монолитная	4...20	1,22	80	8,16	270	100	-40...-50
ПЛП-2	пористая	8...15	0,8...0,9	80	-	-	100	-
ПЛ-1	монолитная	20...60	1,2	60	6,6	350	100	-40...-50
Пластикаты Казанского ЗАО «Искож», ТУ 2243-030-00300357-96								
ПЛ-2	монолитная	4...20	-	60...80	7,8...10,2	270	85	-
ПЛП-2	пористая	14...20	0,8	40...60	-	-	85	-
Пластикаты Дзержинского ОАО «Пластик», ТУ 2243-370-05761910-2003								
ПЛ-2	монолитная	20	-	80	7,84	270	85	-
ПЛ-1	монолитная	20	-	60	6,37	350	75	-
Пластикаты Волгоградского ООО «Роспласт»								
ПЛП-2	пористая	10	0,85	80	-	-	60	-
ПЛП-2М	пористая	10	0,85	80	-	-	60	-40

Примечание. В таблице обозначены следующие показатели: ПТР – показатель текучести расплава при температуре 170°С и нагрузке 49 Н; ρ – плотность; Н – твердость по Шору; σ – предел прочности при разрыве; ε – относительное удлинение при разрыве; t_{т/с} – термостабильность по Конго при 185 °С; T_{хр} – температура хрупкости, °С.

Таблица А.4 – Показатели физико-механических свойств формованных резиновых деталей низа обуви

Изделие	Показатели свойств							
	$\rho, 10^3$ кг/м ³	σ , МПа, не менее	ε , %, не менее	ε_0 , %, не более	Н, усл. ед.	N_u , кило- циклы, не менее	F, кН/м, не менее	β , Дж/мм ³ , не менее
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Формованная цветная подошва для туристской обуви	1,21	7,4	640	23	88	50	-	6,9
Непористая подошва для горнолыжных ботинок	1,2...1,3	5,9	200	50	65...85	50	2,4	4,5...10
Непористая подошва жиростойкая	1,4	9,0...9,5	200	10	75...85	50	2,4	6,5...7,4
Подошвы из бензостойкой резины	-	7,5	180	20	75...85	15	-	4,0
Каблуки из бензостойкой резины	-	-	-	-	70...80	-	-	4,0
Подошвы из жиростойкой резины	1,4	9,0	200	10	75...85	20	2,4	4,0
Каблуки из жиростойкой резины	1,4	-	-	-	75...85	-	-	4,0
Подошвы из износостойкой резины	1,25	10,5	250	20	75...85	50	-	8,9
Каблуки из износостойкой резины	1,25	-	-	-	70...80	-	-	9,4
Подошвы из токопроводящей резины	1,25	10,5	250	20	70...80	25	2,4	8,9
Подошвы из транспарентной резины	1,2	13,5	300	35...70	70...90	50	2,4	7,1
Подошвы из резины "Стиронип"	1,3	6,9	200	43	68	50	3,25	7,9
Подошва пористая масло-нефтестойкая	0,70...0,72	3,9	295	10	55...65	70	8,24	6,0
Каблуки и набойки из непористых резин вида Ги Д								
-черных	1,3	-	-	-	75...85	-	-	3,6
-цветных	1,6	-	-	-	70...80	-	-	2,9
Каблуки пористые из резины марки Г	0,7...1,0	-	-	-	55...80	-	-	4,8
Набойки из износостойкой резины	1,25	-	-	-	80...90	-	-	8,9

Продолжение таблицы А.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рант шприцованный								
-черный	1,4	7,0	150	40	70...90	-	-	-
-цветной	1,5	5,0	200	50...85	70...90	-	-	-

Примечание. В таблице обозначены: Δm – потеря массы при 1000 циклов истирания; T_{xp} – температура хрупкости; T_l – температура литья изделий; T_ϕ – температура литейной формы. Остальные показатели указаны в примечании к таблице А1.

Таблица А.5 – Свойства подошвенных композиций на основе термоэластопластов и изделий из них

Марка, вид	Структура	Поверхность изделия	Показатели свойств					
			ПТР, г/10мин	$\rho, 10^3$ кг/м ³	Н, по Шору, усл.ед.	σ , МПа	ε , %	ΔV , мм ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Композиции Sofprene фирмы SOFTER (Италия)								
101...109, 47Q, 47A	полувспененная	креповая (шероховатая)	20	0,90...0,95	55...65	5,0...5,5	700	170
120...122	полувспененная	матовая	30	0,95...1,0	55...65	5,0...5,5	650	200
320...329, 47С, 48L	монолитная	полуглянцевая	25...35	1,0	60...85	5,0...5,5	500...600	220
240...249	монолитная	глянцевая полуглянцевая	20...30	0,97...1,0	60...85	5,5...6,0	500...650	160
199, 48E	монолитная	резиноподобная	50	1,0	60...80	5,5...6,0	500	200
350...359, 360...369, 47Н, 47L, 48S	монолитная	резино- и креповидная	35...50	0,97...1,0	60...80	5,0...5,5	550...750	190...200
380...389	монолитная	резиноподобная высшего качества	35...40	0,94...0,97	65...75	5,0...5,5	650...800	180...190
42D, 47Y	монолитная	резиноподобная высшего качества	40	0,95	60...70	5,5	750	200
220Т, 47R	монолитная	глянцевопрозрачная	15	0,93	60...65	5,5	900	150
28	монолитная	полуглянцевая	40	1,0	80...90	6,0	550	200
18NM Microfor	свупервспененная микроячеистая	креповая	50...100	0,6...0,9	50...60	5,0	650	250...450
Композиции фирмы FRANCESCHETTI ELASTOMERI (Италия)								
Elastofran 3000PA	монолитная	глянцевая	80	0,96	40...85	5,0	700	200
Gumifran GX	монолитная	матовая	30	0,99	50...80	5,0	650	220
Gumifran 2000Y	монолитная	матовая	50	0,99	45...85	5,0	600	220
Gumifran FE	вспененная	матовая	70...80	0,7...0,8	55...65	4,5...5,0	750	200

Продолжение таблицы А.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Gumifran FMD	супервспененная	матовая	70	0,5...0,6	52...65	4,5	650	250
Adifran S50	монолитная	зеркально-глянцевая	-	0,98	88	12,0	600	90
Adifran GU75	монолитная	матовая резиноподобная	-	0,95	75	12,0	730	135
Композиция Solplast фирмы UTEKSOL (Словения)								
2902	монолитная	глянцевая	25±5	0,98±0,02	50...70	4,7±0,3	540±30	205±15
2920	монолитная	полуматовая	45±5	0,98±0,02	50...70	4,7±0,3	540±30	205±15
2921	монолитная	матово-глянцевая	35±5	0,99±0,02	50...70	4,3±0,3	470±30	230±15
3912	монолитная	матовая	32±5	0,97±0,02	50...70	4,9±0,3	570±30	200±15
3906	полувспененная	глянцевая	28±5	0,93±0,01	50...70	6,0±0,3	750±30	160±15
3001	полувспененная	прозрачная	33±5	0,91±0,02	50...65	5,5±0,3	более 800	120±15
4902	полувспененная	матовая	38±5	0,94±0,02	50...80	5,7±0,3	620±30	210±15
5903	полувспененная	матово-глянцевая	40±5	0,93±0,02	55...70	5,3±0,3	670±30	245±15
5904	монолитная	матово-блестящая	30±5	0,97±0,02	55...70	4,5±0,3	570±30	250±15
Композиция Тэпогран фирмы ПОЛИГРАН (Россия) ТУ 8741-072-0030-0191-95								
A1	монолитная	-	20...60	1,0±0,1	50...75	4,5	450	180
A2	монолитная	-	20...60	1,0±0,1	50...75	3,5	350	200
A3	монолитная	-	20...60	1,0±0,1	50...75	2,5	250	230
B	монолитная	-	не менее 40	1,0±0,1	50...75	2,5	250	230
A1-УМ	монолитная	полуматовая	40...60	1,0±0,1	50...70	4,5	450	-
A1-ПМ	монолитная	матовая	40...60	1,0±0,1	50...70	4,5	450	-
A1-ММ	монолитная	матово-глянцевая	50...80	1,0±0,1	50...70	4,5	450	-
A1-ВП	монолитная	матовая	более 70	0,6...0,9	50...70	4,0	350	-

Примечание. В таблице обозначены следующие показатели: ПТР - показатель текучести расплава при температуре 190 °С и нагрузке 49 Н; ρ – плотность; Н – твердость по Shore; σ – предел прочности при разрыве; ε – относительное удлинение при разрыве; ΔV – истираемость.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Ранжирование мнений экспертов при оценке дефектов

Группа дефектов	№	Наименование дефекта	Количество экспертов										Σ	Значимость дефекта
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Неточное позиционирование заготовки верха на литевой колодке	1	Низкая квалификация исполнителей	1	2	2,5	3	1	1	3,5	1	1	2	18	1
	2	Организационная подготовка процесса	5	7	6	7	5	5	6	7	5	6	59	6
	3	Нечетко выраженная грань следа колодки	3	4	4	4,5	2	3	2	4	3	4	33,5	4
	4	Ритмичность работы	10	9	9	10	8	10	10	10	9	10	95	10
Наличие крупных складок и дефектов по линии пристрачивания втачной стельки	5	Неправильный подбор материалов верха и втачной стельки	9	8	8	8	10	9	8	9	10	9	88	8
	6	Дефекты материалов верха и втачной стельки	9	10	10	9	9	8	9	8	8	8	88	8
	7	Дефекты обработки деталей и сборки заготовки верха обуви	2	1	1	2	3	2	1	3	2	1	18	1
Дефекты, возникшие при формовании заготовки верха	8	Погрешность позиционирования задника и подноски при вставке	6	5	5	4,5	6	6	5	5	6	5	53,5	5
	9	Неправильное направление раскроя материалов верха и втачной стельки	7	6	7	6	7	7	7	6	7	7	67	7
	10	Неправильное взаимное положение заготовки верха и втачной стельки	4	3	2,5	1	4	4	3,5	2	4	3	30	3
Сумма			55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	550	

Таблица Б.2 – Результаты определения прочности ниточного шва

Вид клея	Номер образца	Длина строчки, L	Нагрузка при разрушении шва, P ₁ , Н	Прочность ниточного шва, P, Н/см	Среднее значение прочности, P, Н/см
Без клея и взъерошивания	1	4,8	212	44,16	43,88
	2	4,9	215	43,87	
	3	4,7	203	43,19	
	4	4,8	209	43,54	
	5	4,7	210	44,68	
Полиуретановый клей	1	4,7	155	32,97	30,71
	2	4,9	164	33,46	
	3	4,8	145	30,20	
	4	4,6	137	29,78	
	5	4,6	125	27,17	
Полихлоропреновый клей	1	4,7	125	26,59	26,18
	2	4,6	115	25	
	3	4,6	128	27,82	
	4	4,8	145	30,20	
	5	4,7	115	24,46	
Латексный клей «Ревертекс»	1	4,6	45	9,78	6,89
	2	4,6	35	7,60	
	3	4,8	26	5,41	
	4	4,7	19	4,04	
	5	4,7	36	7,65	
Без клея, со взъерошиванием	1	4,7	5	1,136	1,09
	2	4,7	5	1,136	
	3	4,5	5	1,08	
	4	4,4	5	1,06	
	5	4,6	5	1,07	

Научное издание

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ
ПРЯМОГО ЛИТЬЯ НИЗА НА ОБУВЬ**

монография

Под общей редакцией доктора технических наук,
профессора П.С. Карабанова

Компьютерная верстка
М.А. Еремеев

Подписано в печать 10.03.2016
Формат 60x84 1/16
Бумага офсетная
Уч.-изд. л.
Усл. печ. л.
Тираж 500 экз.
Заказ № _____

Отпечатано в типографии