

УДК 37.24 с3346036 И., Черепенько А. А.

УДК 467

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ



Черепенько А. П., Черепенько А. А.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНО-
ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ
ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

*Под редакцией доктора физико-математических наук,
профессора, почетного работника высшего
профессионального образования РФ, заслуженного
работника высшей школы, заслуженного деятеля науки,
зав. лабораторией математических исследований
ИПМИ ВНЦ РАН
В. Г. ФЕТИСОВА*

ООО «ПРОГРЕСС ИД»

МОСКВА
2008

УДК 677.07

ББК 30.61

Ч 46

Рецензенты:

доктор технических наук,
профессор Бекмурзаев Л. А.;
доктор технических наук,
профессор Жаворонков А. И.

Черепенько А.П., Черепенько А. А.

Ч 46 Теоретические и технологические основы тепло-
физических процессов окончательной влажно-тепловой
обработки швейных изделий. – М.: ООО «Про-
гресс ИД», 2008. — 176 с.
ISBN 978-5-01-004811-2

*Приведены фрагменты известных, наиболее рас-
пространенных технологических процессов оконча-
тельной влажно-тепловой обработки мужского пид-
жака как наиболее сложного швейного изделия.*

*Представлены теоретические и эксперименталь-
ные методы определения технологических парамет-
ров тепловых процессов окончательной влажно-те-
пловой обработки.*

*Рассмотрены новый способ и высокоэффективный
технологический процесс окончательной ВТО
мужского пиджака.*

УДК 677.07
ББК 30.61

© Черепенько А.П., Черепенько А.А.

© Орловский государственный
университет

ISBN 978-5-01-004811-2

© Издательство «Прогресс», 2008

ВВЕДЕНИЕ

При изготовлении швейных изделий окончательная влажно-тепловая обработка (ВТО) занимает значительный удельный вес — обеспечивает устранение неровностей (помятостей) и восстановление искаженных форм объемных участков, возникающих в процессе пошивочно-сборочных операций, тем самым придавая изделиям требуемый товарный вид и необходимые размеры.

Окончательная ВТО производится посредством воздействия на полуфабрикат тепла, влаги, статических и динамических механических нагрузок.

Однако широко известные технологии, выполняемые с переукладкой или перенавешиванием, не обеспечивают заданных требований к качеству и производительности окончательной ВТО, что обуславливает введение дополнительных тепломеханических операций по утюжке и снятию лас.

Такое положение обусловлено в том числе и недостаточной изученностью теплофизических процессов при переводе волокон тканей в высокоэластическое состояние и механическом воздействии, а также аэродинамическом воздействии на полуфабрикат при окончательной ВТО.

Совершенствование теплофизических процессов позволило разработать новые способы и высокоэффективную технологию окончательной ВТО швейных изделий, а также методы оценки эффективности на стадии проектирования как в целом технологических процессов, так и отдельных его операций.

В данной книге изложены вопросы, составляющие теоретические и технологические основы тепловых процессов окончательной ВТО швейных изделий.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

В процессе окончательной ВТО швейное изделие подвергается многократным теплофизическим и физико-механическим воздействиям, так как его поверхность разбивается на отдельные участки. Для проведения ВТО такие участки, как стойка воротника, верх рукавов, верх рукавов ниже подокатников, клапаны карманов, плечевые окаты, лацканы, обрабатываются статическим методом – прессованием, а стан пиджака разбивается на три – шесть участков, которые могут обрабатываться как статическим, так и динамическим методом – виброформованием.

Следствием дифференциации поверхности пиджака на отдельно обрабатываемые участки является многообразие технологических схем обработки, определяющих многократное переукладывание или перенавешивание, вызывающие непредвиденные деформации.

При этом, несмотря на различие схем обработки, известные технологические процессы имеют общие признаки.

Показательным в этом плане является мужской пиджак.

Технологические процессы окончательной ВТО описаны в работах [1–8], приведены ниже.

1.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВТО МУЖСКОГО ПИДЖАКА ФИРМЫ «МАСРІ» — ИТАЛИЯ

Технологический процесс фирмы «Масрі» реализуется на специальном оборудовании, обуславливающим 4 переукладки и перенавешивания, и включает следующие операции:

— *обработка спинки пиджака*

Спинку пиджака (рисунок 1.1) обрабатывают на прессе со специальной объемной подушкой.

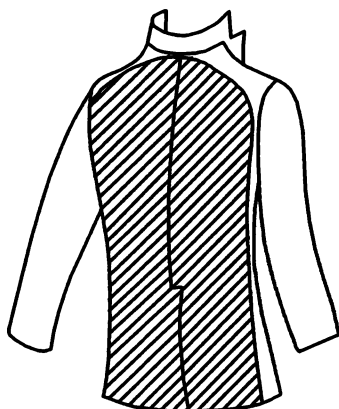


Рисунок 1.1 — *Схема расположения обрабатываемого участка спинки*

Спинку укладывают лицевой стороной вверх так, чтобы ее выпуклости совпали с выпуклостями на подушке. Для выправления и фиксации спинки на подушке используется вакуумный прижим. После подачи спинки в зону обработки включается пропаривание с последующими прессованием, сушкой и стабилизацией вакуумным отсосом через нижнюю подушку. После вывода подушки с изделием из зоны обработки производят поддув холодным воздухом и переукладку на подушку для обработки полочек;

— *обработка полочек*

Правую и левую полочки (рисунок 1.2) обрабатывают одновременно на специальной объемной подушке.



Рисунок 1.2 — *Схема расположения обрабатываемых участков полочек*

Полочки укладывают лицевой стороной вверх так, чтобы их выпуклости в области груди совпали с выпуклостя-

ми на подушке. При этом проймы рукавов не должны попадать в область прессования, а под клапаны карманов укладывают специальные прокладки. Для выправления и фиксации полочек на нижней подушке используют вакуумный прижим. После подачи полочек в зону обработки они пропариваются, прессуются, сушатся вакуумным отсосом;

— *обработка пройм, плеч и рукавов*

Для выполнения операции (рисунок 1.3) используется пресс, оснащенный специальными подушками. После подачи в зону обработки пиджака его обрабатываемые участки пропариваются, прессуются и сушатся вакуум-отсосом. Затем изделие снимают и подготавливают к следующей операции;

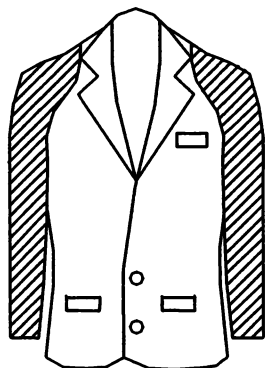


Рисунок 1.3 — *Схема расположения обрабатываемых участков пройм, плеч и рукавов*

— *обработка воротника и верха лацканов*

После укладки пиджака (рисунок 1.4) на специальную подушку прессы его пропаривают, прессуют, а затем сушат и стабилизируют вакуумным отсосом. Затем изделие снимают и передают на следующую операцию;

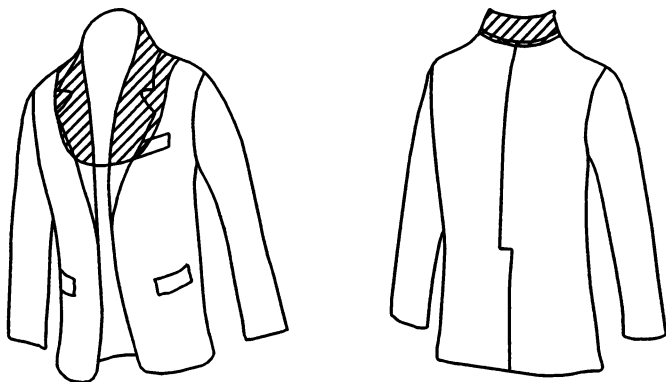


Рисунок 1.4 — *Схема расположения обрабатываемых участков воротника и верха лацканов*

— обработка лацканов

На подушку прессы укладывают пиджак (рисунок 1.5), пропаривают, прессуют и сушат вакуум-отсосом.

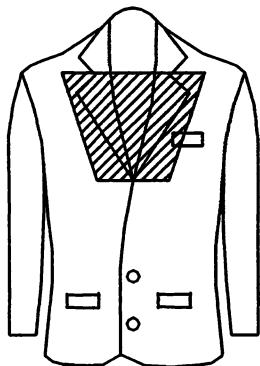


Рисунок 1.5 — Схема расположения обрабатываемых участков лацканов

1.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВТО МУЖСКОГО ПИДЖАКА ФИРМЫ «INDUPRESS» — ГЕРМАНИЯ

Технологический процесс фирмы «Indupress» реализуется на специальном оборудовании, обуславливающим 5 переукладок и перенавешиваний, и включает следующие операции:

— обработка рукавов

Правый и левый рукава (рисунок 1.6) последовательно обрабатываются на установке, оснащенной специальными подушками. После укладки обрабатываемых участков пиджака их поочередно пропаривают, прессуют с последующей сушкой и стабилизацией вакуумным отсосом, снимают и передают для выполнения очередной операции;

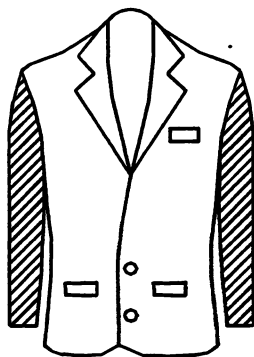


Рисунок 1.6 — Схема расположения обрабатываемых участков рукавов

— обработка лацканов

Лацканы пиджака (рисунок 1.7) укладывают на специальные подушки, одновременно пропаривают, прессуют и сушат вакуумным отсосом, а затем снимают;

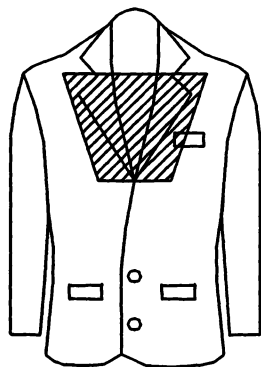


Рисунок 1.7 — Схема расположения обрабатываемых участков лацканов

— обработка левой и правой половинок спинки

После укладки левой половинки спинки одного пиджака (рисунок 1.8) на гладильной подушке ее пропаривают, прессуют и сушат вакуумным отсосом.

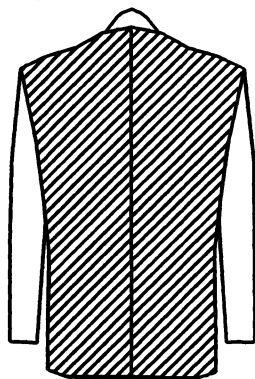


Рисунок 1.8 — Схема расположения обрабатываемых половинок спинки

В процессе обработки левой полуспинки правую укладывают на второй подушке для пропаривания, прессования и сушки вакуумным отсосом по окончании обработки левой полуспинки. В процессе обработки правой полуспинки левую снимают. После окончания ВТО правой полуспинки пиджаки меняют местами и производят поочередную соответствующую обработку. Затем пиджаки с обработанными спинками снимают;

— обработка левой и правой полочек пиджака

Левую и правую полочки (рисунок 1.9) пиджака обрабатывают поочередно на соответствующих гладильных подушках. При этом каждую полочку пропаривают, прессуют и сушат вакуумным отсосом. Последовательной обработке на одном гладильном прессе подвергаются левая полочка одного пиджака и правая второго. По окончании ВТО полочек изделия меняют местами и обработку ведут в той же последовательности. Затем пиджаки с обработанными полочками снимают и передают для дальнейших операций;

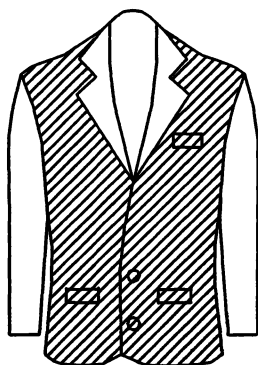


Рисунок 1.9 — *Схема расположения обрабатываемых участков левой и правой полочек пиджака*

— обработка правого и левого окатов, пройм и верхней части рукавов

Для выполнения операций используют двухпозиционный пресс, оснащенный специальными подушками для обработки правой и левой частей изделия (рисунок 1.10). Изделие укладывают на две нижние подушки, пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом, а затем снимают;

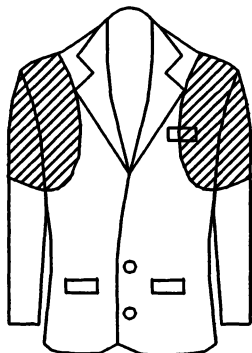


Рисунок 1.10 — *Схема расположения обрабатываемых участков правого и левого окатов, пройм и верхней части рукавов*

— обработка воротника

Пиджак надевают на подушку прессы (рисунок 1.11), отгибают воротник по линии стойки, так чтобы он закрыл шов втачивания подворотника в горловину.

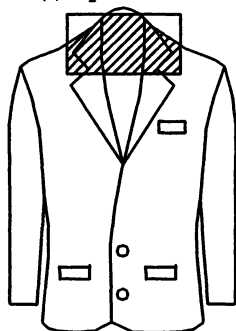


Рисунок 1.11 – Схема расположения обрабатываемых участков воротника

Лацканы отгибают до первой петли. Место обработки пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом. После окончания ВТО пиджак снимают с прессы и навешивают на вешалку.

1.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВТО МУЖСКОГО ПИДЖАКА ФИРМЫ «БОЛЬШЕВИЧКА» — РОССИЯ

Технологический процесс фирмы «Большевичка» содержит 8 приемов ВТО с переукладкой и перенавешиванием полуфабриката и включает следующие операции:

— обработка правой и левой полочек

Правую и левую полочки обрабатывают отдельно на прессах с горизонтально расположенными специальными объемными подушками (рисунок 1.12). Длительность машинной обработки $15 \times 2 = 30$ с;

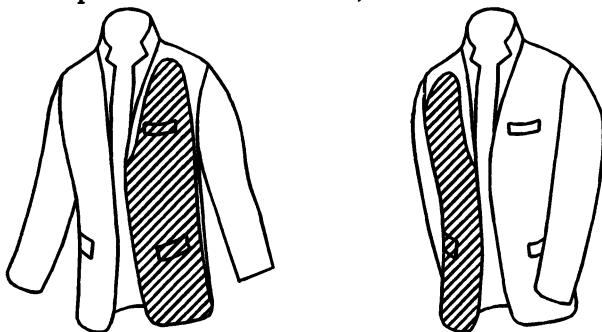


Рисунок 1.12 — Схема расположения обрабатываемых участков правой и левой полочек

— обработка плечевых швов и окатов правого и левого рукавов

Плечевые швы и окаты правого и левого рукавов обрабатываются раздельно на прессе, оснащенном вертикально расположенными специальными подушками (рисунок 1.13). Длительность машинной обработки — $5 \times 2 = 10$ с;

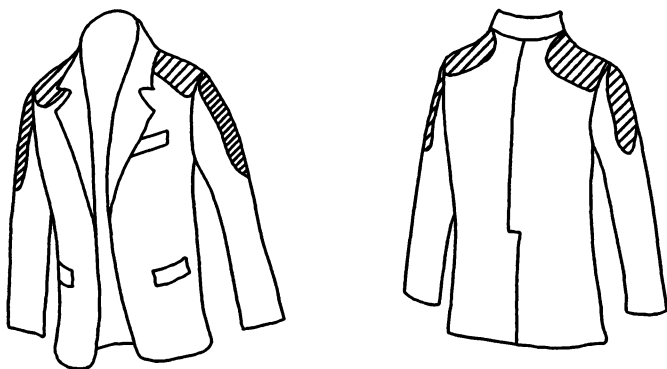


Рисунок 1.13 — Схема расположения обрабатываемых участков плечевых швов и окатов правого и левого рукавов

— обработка воротника и загибка стойки

Обработка воротника и загибка стойки производится на вертикально расположенном жестком манекене (рисунок 1.14). Машинное время — 30 с;

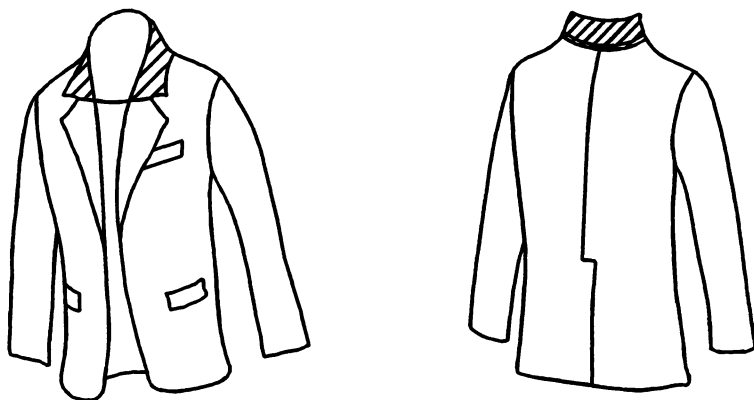


Рисунок 1.14 — Схема расположения обрабатываемых участков воротника и загибка стойки

— обработка воротника

Обработка стойки воротника и перегибов лацканов производится на прессе, оснащенном специальной объемной подушкой (рисунок 1.15). Длительность обработки — 10 с;

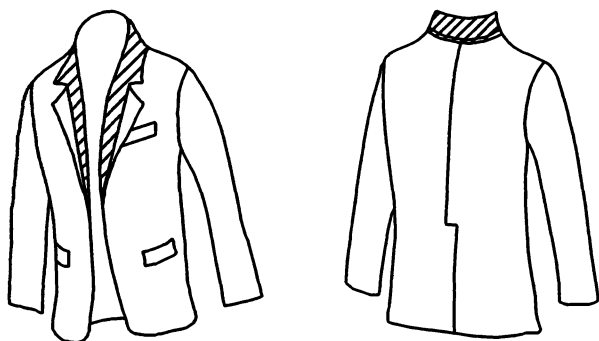


Рисунок 1.15 — Схема расположения обрабатываемых участков воротника

— обработка боковых швов и спинки пиджака

ВТО производится на гладильном прессе, оснащённом специальными нижней и верхней подушками, позволяющими вести обработку за 5 переходов, включающих приутюживание правого и левого боковых швов, среднего шва и обеих полуспинок (рисунки 1.16, 1.17 и 1.18). Машинное время — $7 \times 5 = 35$ с;

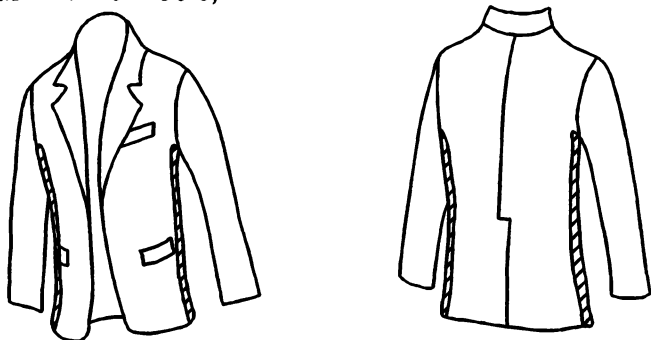


Рисунок 1.16 — Схема расположения обрабатываемых участков правого и левого боковых швов

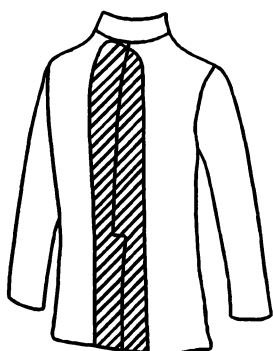


Рисунок 1.17 — Схема расположения обрабатываемого участка среднего шва

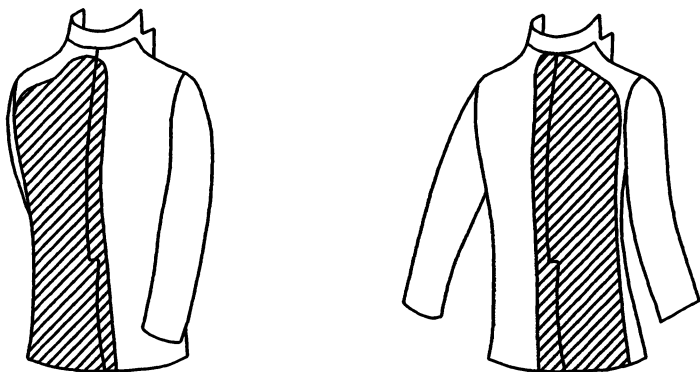


Рисунок 1.18 — Схема расположения обрабатываемых участков полуспинок

— отбивка и обработка рукавов

Обработка производится за 4 перехода на прессе, оснащенной гладильной подушкой, обеспечивающей выполнение этой операции (рисунки 1.19 – 1.20);

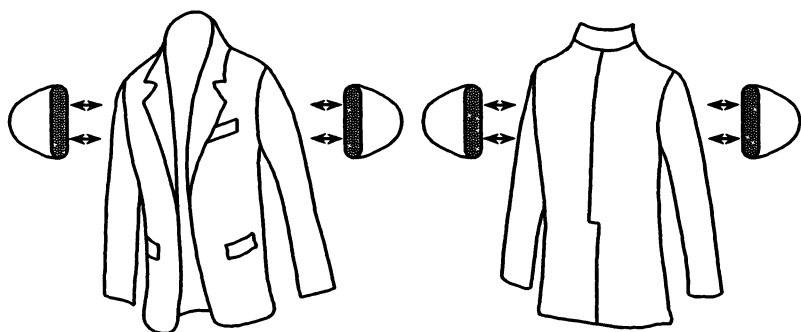


Рисунок 1.19 – Схема отбивки рукавов

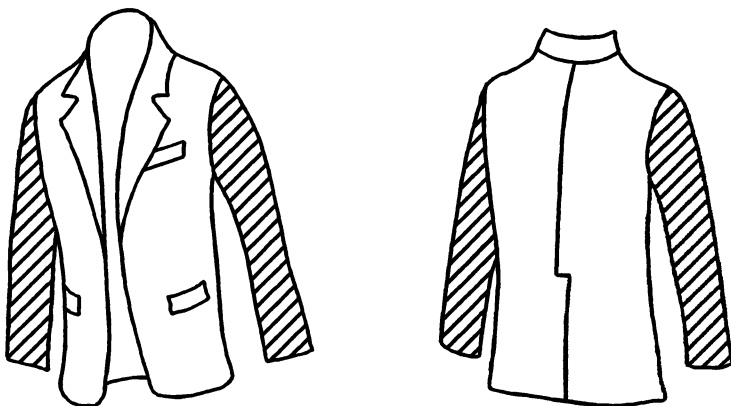


Рисунок 1.20 — Схема расположения обрабатываемых участков отбивки рукавов

— обработка бортов и лацканов пиджака

ВТО производится на гладильном прессе, оснащённом подушкой, позволяющей вести последовательную обработку за 3 перехода, включающую прессование правого подборта и правого лацкана, левого подборта и левого лацкана (рисунки 1.21 – 1.23). Общая длительность обработки — 40 с;



Рисунок 1.21 — *Схема расположения обрабатываемых участков правого и левого лацканов*

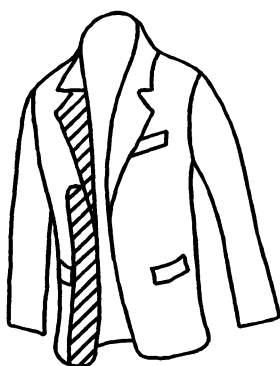


Рисунок 1.22 — *Схема расположения обрабатываемых участков правого подборта и правого лацкана*

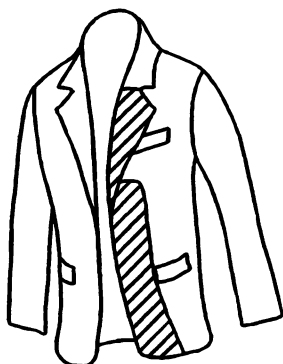


Рисунок 1.23 — *Схема расположения обрабатываемых участков левого подборта и левого лацкана*

— обработка подкладки

Приутюживание подкладки осуществляется вручную утюгом на утюжильном столе. Длительность обработки — 90 с (рисунок 1.24).

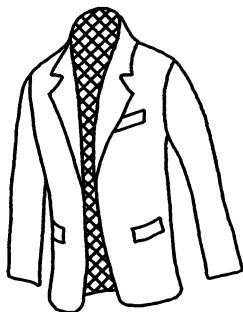


Рисунок 1.24 — Схема обрабатываемого участка подкладки

1.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВТО МУЖСКОГО ПИДЖАКА ФИРМЫ «GOFFMAN» — ГЕРМАНИЯ

Технологический процесс фирмы «Goffman» предусматривает 9 дифференцированных участков обработки и включает следующие операции:

— обработка левой и правой полочек

Левую и правую полочки (рисунок 1.25) обрабатывают поочередно на двухпозиционном прессе. После укладки левой полочки одного пиджака на специальной гладильной подушке ее пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом. В процессе обработки левой полочки на нижнюю подушку укладывают правую полочку второго пиджака и после окончания обработки левой полочки правую пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом. После окончания обработки пиджаки меняют местами, а соответствующие полочки подвергают ВТО в той же последовательности. Затем оба пиджака поочередно снимают и передают на следующую обработку;



Рисунок 1.25 — Схема расположения обрабатываемых участков левой и правой полочек пиджака

— *обработка перегиба воротника по линии стойки и верха лацканов*

Для ВТО используют двухпозиционный пресс, оснащенный специальными подушками для обработки перегиба воротника и верха лацканов (рисунок 1.26).

Пиджак надевают на подушку пресса, отгибают воротник по линии стойки. Лацканы отгибают до первой петли. Обрабатываемые участки пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом. После ВТО пиджак снимают и передают для последующей обработки;

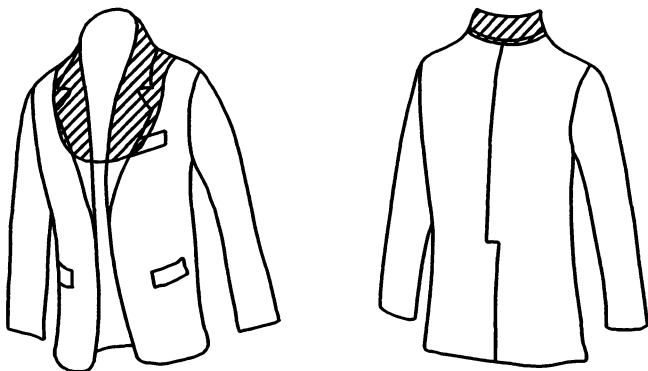


Рисунок 1.26 — *Схема расположения обрабатываемых участков перегиба воротника по линии стойки и верха лацканов*

— *обработка боковых частей пиджака*

Обработку боковых частей пиджака осуществляют на двухпозиционном прессе. Сначала обрабатывают левую, а затем правую боковые части пиджака (рисунок 1.27).

На нижнюю правую подушку лицевой стороной вверх укладывают левую боковую часть одного пиджака, а на нижнюю левую подушку укладывают правую боковую часть второго пиджака. При этом проймы рукавов не должны попадать в зону прессования. Затем пропаривают левую боковую часть одного пиджака, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом. Потом аналогично обрабатывают правую боковую часть другого пиджака.

Закончив первый этап ВТО, пиджаки меняют местами и обрабатывают вторую пару боковых частей двух пиджаков. После выполнения операций пиджаки снимают и транспортируют для выполнения следующей операции;

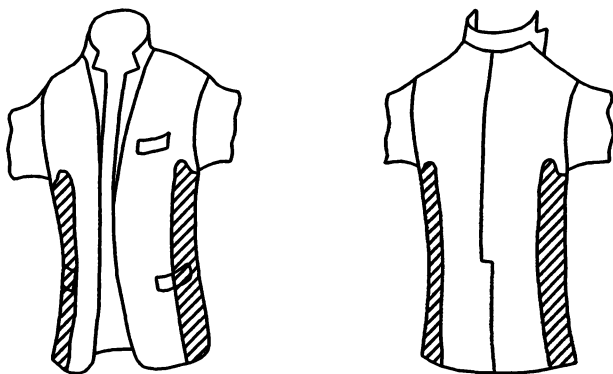


Рисунок 1.27 — Схема расположения обрабатываемых участков боковых частей пиджака

— обработка клапанов карманов

Правый и левый клапаны (рисунок 1.28) карманов пиджака обрабатывают последовательно в два приема на гладильном прессе, оснащенный специальной подушкой. Клапан укладывают лицевой стороной вверх. При этом под клапан устанавливают специальную прокладку, затем пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом, после чего пиджак поворачивают и укладывают второй клапан лицевой стороной вверх, в той же последовательности обрабатывают и по окончании снимают с подушки пресса;



Рисунок 1.28 — Схема расположения обрабатываемых участков клапанов карманов

— обработка плечевых окатов

Обработку левого и правого плечевых окатов производят на двухпозиционном прессе поочередно в два этапа. Сначала обрабатывают левый, а затем правый окаты (рисунок 1.29). На нижнюю левую подушку укладывают левый окат

одного пиджака, а на нижнюю правую подушку укладывают правый окат второго пиджака. Затем последовательно производят ВТО левого и правого окатов. При этом окаты пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом. Закончив первый этап операции, пиджаки меняют местами и обрабатывают вторую пару окатов. После этого пиджаки снимают и производят их дальнейшую обработку;

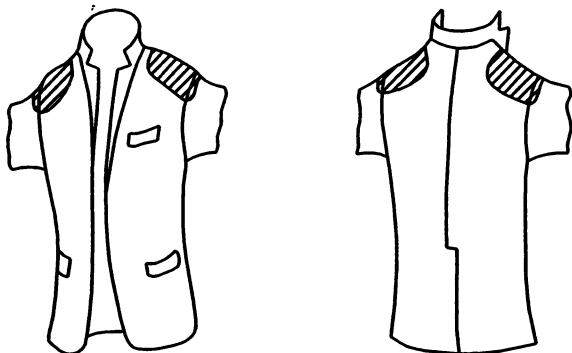


Рисунок 1.29 — Схема расположения обрабатываемых участков плечевых окатов

— обработка пройм и верхней части левого и правого рукавов

Обработку пройм и верхних частей левого и правого рукавов (рисунок 1.30) производят поочередно в два приема на прессе, оснащенной специальной объемной подушкой. После укладки проймы и верхней части левого рукава пиджака обрабатываемый участок пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом. Затем пиджак поворачивают и укладывают на подушку пройму и верхнюю часть правого рукава и в той же последовательности подвергают ВТО. По окончании обработки пиджак снимают с подушки прессы и передают для дальнейших операций;

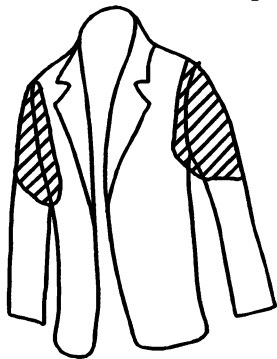


Рисунок 1.30 — Схема расположения обрабатываемых участков пройм и верхних частей левого и правого рукавов

— обработка перегибов лацканов

На одну подушку пресса укладывают один пиджак и обрабатывают последовательно левый и правый перегибы лацканов (рисунок 1.31), а на вторую подушку укладывают второй пиджак и аналогично обрабатывают левый и правый перегибы лацканов.

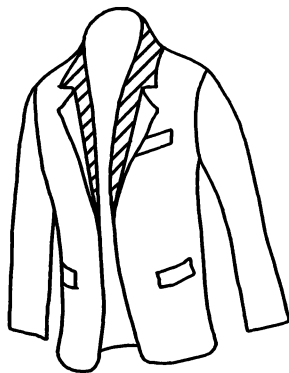


Рисунок 1.31 — Схема расположения обрабатываемых участков лацканов

При этом каждый обрабатываемый участок отдельно пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом. После обработки пиджаки снимают с пресса и передают на следующую операцию;

— обработка спинки

Обработка спинки производится в два приема, т.е. правую и левую полуспинки подвергают ВТО последовательно (рисунок 1.32);

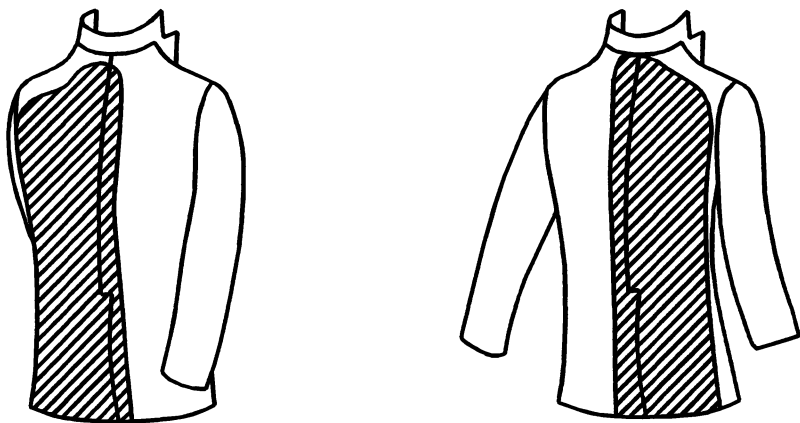


Рисунок 1.32 — Схема расположения обрабатываемых участков спинки

При этом одновременно обрабатывают две левые полуспинки двух пиджаков, а затем две правые.

Каждую полуспинку пиджака укладывают на подушку лицевой стороной вверх, расправляют, последовательно пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом.

Затем пиджаки переукладывают и проводят дальнейшую обработку в той же последовательности, после чего каждый пиджак транспортируют для проведения следующей операции;

— обработка лацканов, воротника, плечевых участков, верха спинки и рукавов

ВТО производится на прессе карусельного типа, оснащенном пятью специальными подушками, обеспечивающими прессование лацканов, воротника, плечевых участков, верха спинки и рукавов (рисунок 1.33).

При этом каждый участок пиджака перед прессованием пропаривается, а после прессования сушится и стабилизируется вакуумным отсосом. Обработанные участки изделия должны быть без пролежаний и отпечатков на лицевой стороне от швов. После выполнения вышеупомянутой обработки пиджак снимают с прессы и навешивают на вешалку.

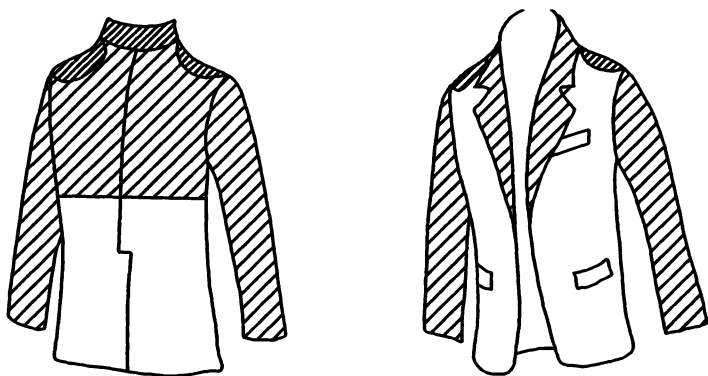


Рисунок 1.33 — Схема расположения обрабатываемых участков лацканов, воротника, плеч верха спинки и рукавов

1.5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВТО МУЖСКОГО ПИДЖАКА «ЦНИИШП» — РОССИЯ

Характерной особенностью технологического процесса «ЦНИИШП» является переукладка и перенавешивание изделия в процессе обработки и включает следующие операции:

— обработка правой полочки пиджака

Правую полочку (рисунок 1.34) укладывают лицевой стороной вверх, бортом от работающего, так чтобы выпуклость в области груди на полочке совпала с выпуклостью на подушке.

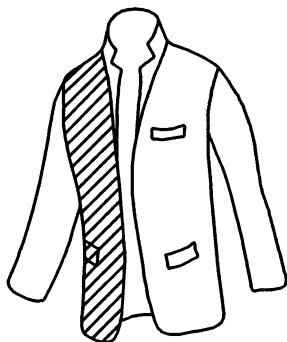


Рисунок 1.34 – *Схема расположения обрабатываемого участка правой полочки пиджака*

В процессе ВТО проймы рукава не должна попадать в зону прессования. Под клапан кармана укладывают специальную прокладку. Для выправления и фиксации полочки на подушке используют вакуум-прижим. В случае обнаружения заминов, неровностей производят предварительное пропаривание полочки со стороны нижней подушки. Распаренную ткань выправляют, после чего пресс закрывают, и прессование осуществляется в автоматическом режиме с использованием пропаривания и последующего вакуум-отсоса для удаления избыточной влаги и охлаждения изделия.

При обработке тканей с повышенным образованием лас дополнительно к автоматическому режиму включают отпаривание со стороны нижней подушки (5 с). Затем включают вакуум-отсос (5 с).

Во время укладки и приутюживания выравнивают низ, борт, вытачки, карманы, швы. Полочка должна иметь хорошо зафиксированную объемную форму. Не допускается образование заминов, защипов, лас и пролеганий от швов, мешковины карманов и подбортов на лицевой стороне. Изделие снимают с пресса и навешивают на вешалку.

При этом температура нагрева верхних подушек — 140°C , удельное усилие прессования — $0,01\text{ МПа}$, время прессования — 10 с, время пропаривания — 10 с, время вакуум-отсоса — 7 с, общее время режима — 20 с;

— обработка левой полочки (рисунок 1.35) производится аналогично предыдущей операции по тем же режимам и в соответствии с теми же требованиями;

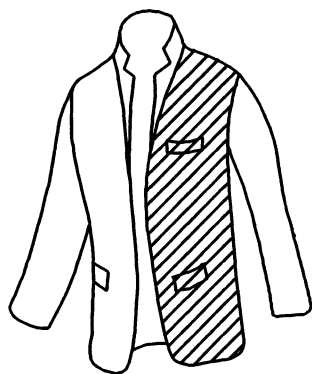


Рисунок 1.35 – Схема расположения обрабатываемого участка левой полочки пиджака.

— обработка боковых швов пиджака

Правый и левый боковые швы пиджака (рисунок 1.36) обрабатывают одновременно.

На правую часть подушки укладывают лицевой стороной вверх левый боковой шов одного пиджака, на левую часть подушки — правый боковой шов другого пиджака. Пройма рукава не должна попадать в зону прессования.

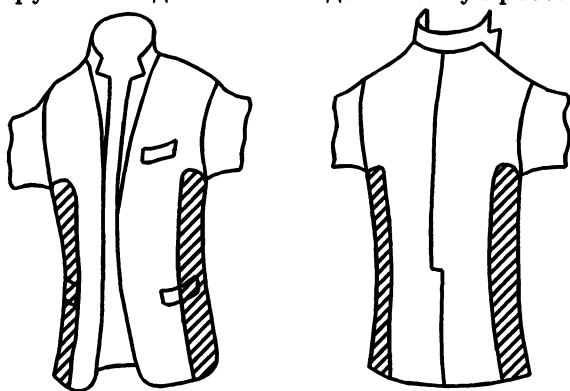


Рисунок 1.36 – Схема расположения обрабатываемых участков боковых швов пиджака.

Укладку производят с использованием вакуум-прижима, выправляя замины и неровности обрабатываемых участков изделия, пропаривают и производят прессование в автоматическом режиме. Для удаления избыточной влаги и охлаждения изделия используют вакуум-отсос. Закончив первое прессование, пиджаки меняют местами для приутюживания второй пары боковых швов.

Во время операции выравнивают швы и низ пиджака. Не допускаются образование заминов, защипов, лас, про-

легания и отпечатки от швов и подгибки низа на лицевой стороне.

После выполнения операции пиджаки снимают с пресса и навешивают на вешалки.

При этом температура нагрева верхней подушки — 140°C , удельное усилие прессования — $0,01$ МПа, время прессования — 10 с, время пропаривания — 10 с, время вакуум-отсоса — 7 с;

— обработка спинки пиджака

Спинку пиджака (рисунок 1.37) укладывают на подушку лицевой стороной вверх, воротник располагается с правой стороны подушки, а средний шов пиджака — посередине подушки. При укладывании и расправлении заминов используют вакуум-прижим. Затем прессуют в автоматическом режиме с пропариванием и вакуум-отсосом для удаления избыточной влаги и охлаждения изделия.

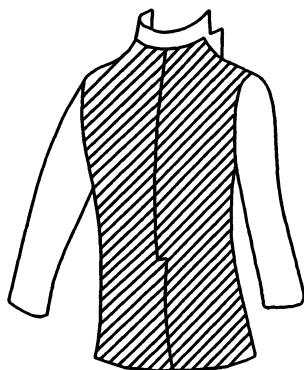


Рисунок 1.37 – *Схема расположения обрабатываемого участка спинки пиджака*

Обработанный участок изделия должен быть без пролеганй и отпечатков на лицевой стороне от швов и припусков на подгиб низа и шлицы.

Спинка должна иметь объемную стабильную форму с выпуклостью в области лопаток. Шлица спинки должна быть ровной, а сгибы ее — четко зафиксированы. Не допускается образование заминов, защипов и лас. После выполнения операции пиджак снимают с пресса и навешивают на вешалку.

При этом температура нагрева верхних подушек — 140°C , удельное усилие прессования — $0,01$ МПа, время прессования — 10 с, время пропаривания — 10 с, время вакуум-отсоса — 7 с;

— обработка правого оката, проймы и верхней части рукава

Изделие (рисунок 1.38) навешивают на пресс (например, правой стороной), размещая правый окат на подушке, левый окат — на вспомогательном кронштейне. Под выдвижную спецподушку заправляют пройму со стороны подкладки. Обработку оката рукава и плечевого шва производят двумя верхними подушками, которые попеременно опускают на заднюю либо переднюю часть оката. Прессование производят с пропариванием в течение 4 с. Затем осуществляют прессование проймы — 2 с, после чего осуществляют пропаривание через выдвижную спецподушку. Обработанный паром рукав расправляют, просушивают горячим воздухом — 4 с, охлаждают рукав, пройму и окат вакуум-отсосом — 4 с.

Не допускается образование заминов, лас и растяжений в области плечевого шва, проймы и верхней части рукава.

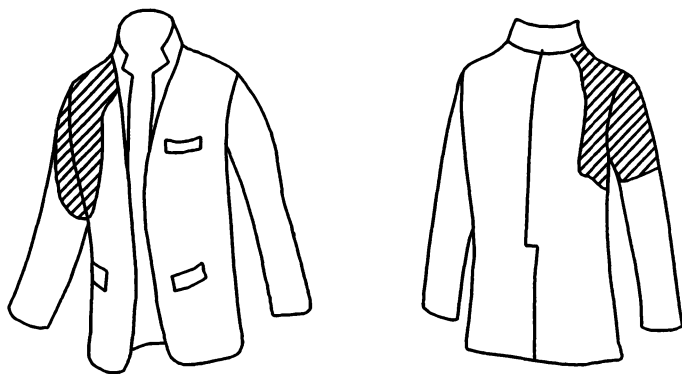


Рисунок 1.38 – Схема расположения обрабатываемых участков правого оката, проймы и верхней части рукава

После выполнения операции изделие снимают с пресса и навешивают на вешалку.

При этом температура нагрева верхних подушек — 140°C , удельное усилие прессования — $0,015\text{ МПа}$. Управление режимом обработки на прессе — ручное, кнопочно-педальное;

— обработка левого оката, проймы и верхней части рукава (рисунок 1.39) производится аналогично предыдущей операции по тем же режимам и в соответствии с теми же требованиями;

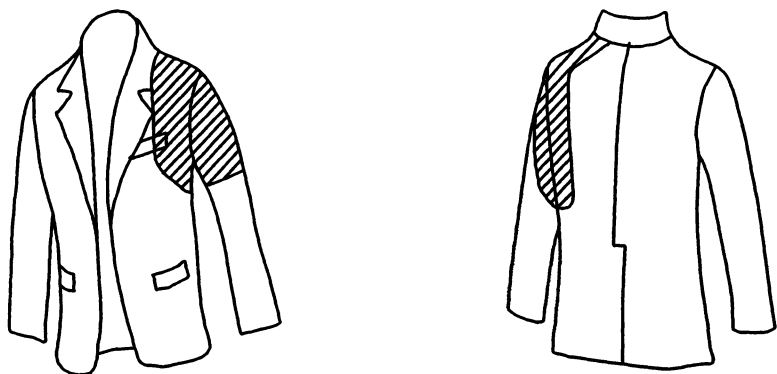


Рисунок 1.39 – Схема расположения обрабатываемых участков левого оката, проймы и верхней части рукава

— обработка низков рукавов

Два низка рукавов укладывают на подушку пресса, располагая их локтевыми швами со шлицами вверх (рисунок 1.40). Опускают верхнюю подушку с зазором 10–20 мм до нижней подушки, низки рукавов пропаривают. Затем пресс открывают и, используя вакуум-прижим, расправляют низки рукавов по линии подгибки и шлицы. После этого рукава снимают с подушки, складывают их по линии шлицы и переднего переката рукава, т. е. придают им положение, занимаемое в процессе носки, и укладывают на подушку пресса. Опускают верхнюю подушку, пропаривают и прессуют в течение 2 с. После открытия пресса обрабатываемые участки рукавов охлаждают вакуумным отсосом.

В процессе выполнения операции удаляются нитки выметывания по низу рукавов и осуществляется формование низа рукавов. Не допускается образование заминов, защипов и лас. После выполнения операции изделие снимают с пресса и навешивают на вешалку.

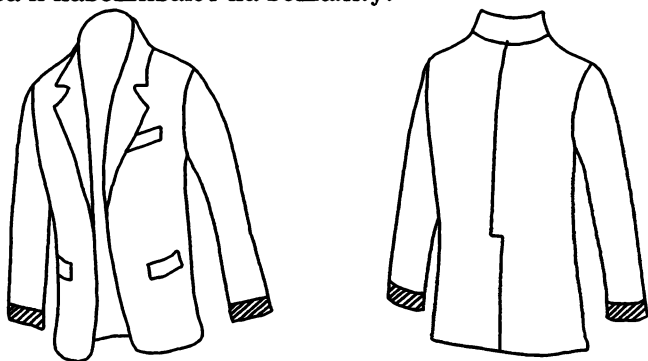


Рисунок 1.40 – Схема расположения обрабатываемых участков низков рукавов

При этом температура нагрева верхних подушек — 140°C , удельное усилие прессования — $0,01$ МПа, время прессования с одновременным пропариванием — 2 с, вакуум-отсос — 2 с, общее время режима — 4 с;

— *обработка воротника и верхнего плечевого пояса*

Пиджак навешивают на подушку пресса (рисунок 1.41), отгибают воротник по линии стойки так, чтобы он закрывал шов втачивания подворотника в горловину не менее чем на $0,7$ см. Лацканы отгибают до первой петли, причем раскрепы по длине не должны быть одинаковыми, а ширина лацканов должна соответствовать обрабатываемой модели. Пресс закрывают и прессование выполняют с использованием пропаривания. После открытия пресса изделие охлаждают вакуум-отсосом.

Во время обработки уточняют сгиб стойки воротника и выправляют линии раскрепов. Не допускается образование заминов, защипов и лас. После выполнения операции пиджак снимают с пресса и навешивают на вешалку.

При этом температура нагрева верхних подушек — 140°C , удельное усилие прессования — $0,02$ МПа, время прессования с одновременным пропариванием — 8 с, время вакуум-отсоса — 7 с, общее время режима — 15 с;

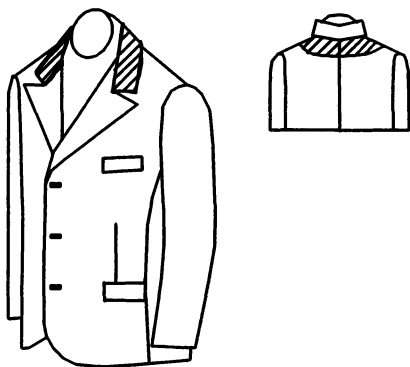


Рисунок 1.41 — *Схема расположения обрабатываемых участков воротника и верхнего плечевого пояса*

— *обработка стойки воротника и перегибов лацканов*

На нижнюю подушку пресса укладывают воротник и лацканы (рисунок 1.42), предварительно заутюженные по стойке и перегибу лацканов в верхней части на предыдущей операции.

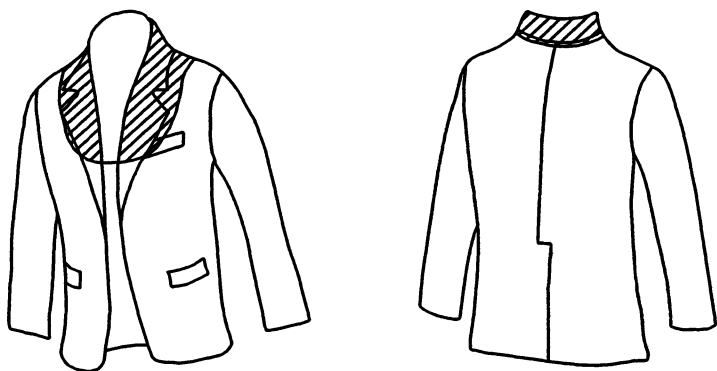


Рисунок 1.42 – Схема расположения обрабатываемых участков стойки воротника и перегибов лацканов

Для предупреждения отпечатков под воротник и лацканы укладывают специальные прокладки. Пресс закрывают и производят прессование одновременно с пропариванием. Заданные режимы обработки обеспечивают требуемое утонение по стойке и перегибу лацканов, а также мягкий переход без пролеганий и отпечатков по поверхности воротника, лацканов и верхней части полочек. Охлаждение изделия производят вакуум-отсосом после открытия прессы.

Не допускается образование заминов, защипов и лас. После выполнения операции пиджак снимают с прессы и навешивают на вешалку.

При этом температура нагрева верхних подушек — 140°C , удельное усилие прессования — $0,015\text{ МПа}$, время прессования — 9 с , время отсоса — 7 с ;

— обработка бортов и лацканов пиджака

На подушку прессы последовательно укладывают и обрабатывают следующие участки пиджака (рисунок 1.43): перегиб правого лацкана, перегиб левого лацкана, правый подборт, правый лацкан, левый подборт и левый лацкан. Прессование выполняют одновременно с пропариванием. После открытия прессы включают вакуум-отсос для удаления избыточной влаги и охлаждения каждого обрабатываемого участка пиджака.

«Подзавивку» производят после прессования лацканов с лицевой стороны, для чего после открытия прессы каждый лацкан прижимают и сдвигают к краю подушки, одновременно заводя уступы воротника и лацкана на изнаночную сторону.

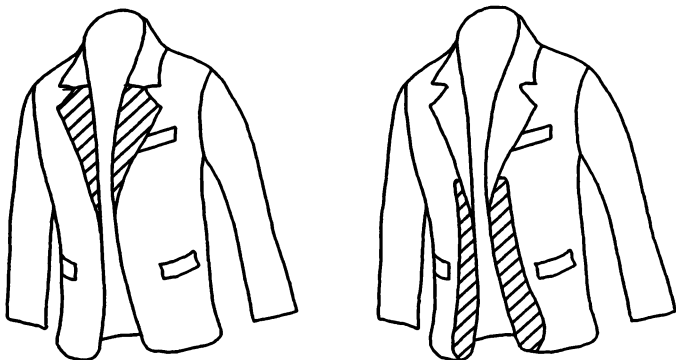


Рисунок 1.43 – Схема расположения обрабатываемых участков бортов и лацканов

Выполнение операции обеспечивает выправление и утонение краев воротника, лацкана и борта, а также придание им объемной формы.

После обработки незаутюженный перегиб лацкана должен составлять $1/4$ его длины, начиная от петли.

Не допускается образование заминов, защипов, лас и отпечатков от подборта на лицевой стороне пиджака.

После выполнения операции пиджак снимают с пресса и навешивают на вешалку.

При этом температура нагрева верхней подушки — 140°C , удельное усилие прессования — $0,015$ МПа, время прессования — 5 с, время пропаривания — 5 с, время вакуум-отсоса — 5 с;

— обработка подкладки

Изделие укладывают на утюжном столе подкладкой вверх, горловиной влево, располагая в зоне приутюживания одну из частей подкладки изделия (рисунок 1.44): левую полочку, спинку, правую полочку — и приутюживают подкладку. Для расправления заминов, получившихся при обработке ткани верха на прессах, для заутюживания швов и напуска подкладки по низу пиджака применяется пропаривание посредством утюга.

Не допускается обильное пропаривание, так как оно вызывает нарушение приданной на прессах формы швейного изделия.

Для устранения заминов подкладки в области плечевых швов и окатов используют спецколотки, которые устанавливаются на стол, и на них обрабатывают эти участки изделия.

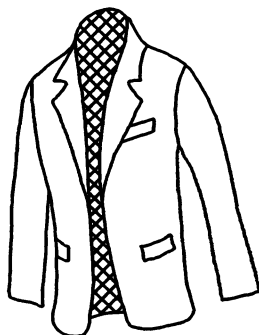


Рисунок 1.44 – *Схема расположения обрабатываемого участка подкладки пиджака*

Не допускается образование заминов, зашипов, лас и опалов ткани как на подкладке, так и на верхе изделия.

После выполнения операции изделие снимают со стола и навешивают на вешалку.

Температура гладильной поверхности утюга — 140–150°C.

1.6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВТО МУЖСКОГО ПИДЖАКА ФИРМЫ «JUKI» — ЯПОНИЯ

Технологический процесс фирмы «Juki» характеризуется наибольшей дифференциацией участков обработки, обуславливающих 12 приемов ВТО, и включает следующие операции:

— *обработка наружной части рукавов*

Наружные части левого и правого рукавов пиджака (рисунок 1.45) приутюживают в два приема на одной специальной подушке.

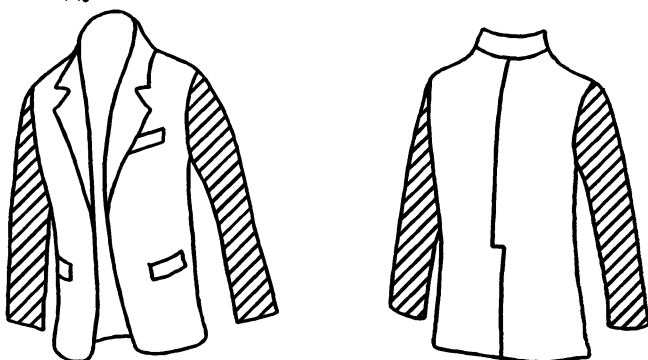


Рисунок 1.45 — *Схема расположения обрабатываемых участков наружной части рукавов*

В процессе обработки для перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние каждый рукав пропарива-

ют, после приутюживания сушат и стабилизируют вакуумным отсосом. По окончании ВТО пиджак снимают;

— обработка внутренней части рукавов

Внутренние части левого и правого рукавов (подкладку) пиджака (рисунок 1.46) приутюживают в два приема на одной специальной подушке.

В процессе обработки подкладку пропаривают, а по окончании сушат и стабилизируют вакуумным отсосом через подушку.

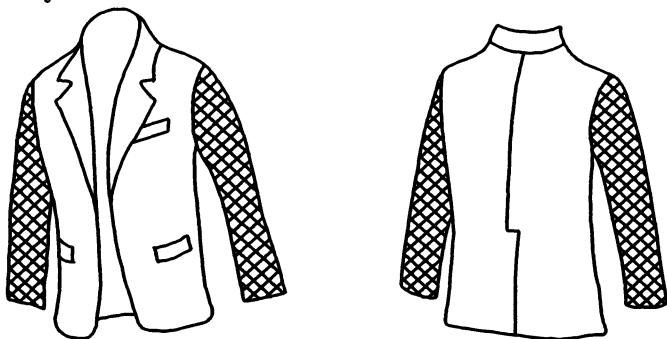


Рисунок 1.46 — Схема расположения обрабатываемых участков внутренней части рукавов

По окончании обработки подкладки обоих рукавов выворачивают и передают на следующую операцию;

— обработка плечевых участков пиджака

После укладки плечевых участков (рисунок 1.47) на двух нижних подушках производят их одновременное пропаривание, прессование, сушку и стабилизацию вакуумным отсосом через нижнюю подушку. Затем транспортируют для выполнения последующей операции ВТО;

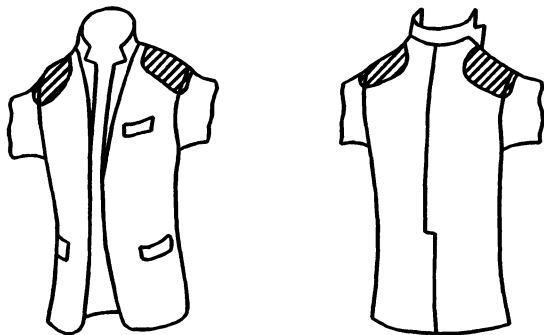


Рисунок 1.47 — Схема расположения обрабатываемых плечевых участков пиджака

— обработка правой и левой полочек

Правую и левую полочки пиджака обрабатывают на различных прессах, оснащенных специальными объемными подушками (рисунок 1.48). Каждую полочку укладывают лицевой стороной вверх так, чтобы выпуклость в области груди на полочке совпала с выпуклостью на подушке.

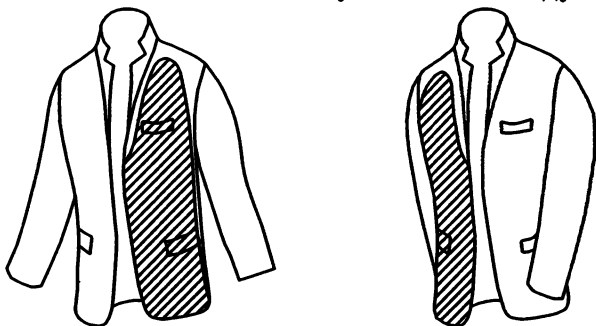


Рисунок 1.48 — Схема расположения обрабатываемых участков правой и левой полочек

Уложенную каждую полочку пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом. После обработки пиджак снимают и проводят его дальнейшую ВТО;

— обработка левого и правого боковых участков пиджака

Обработку левого и правого участков в области боковых швов производят в два приема на гладильном прессе, оснащем специальной подушкой (рисунок 1.49).

На нижнюю подушку укладывают лицевой стороной вверх левую боковую часть пиджака. Пройма не должна попадать в зону прессования. Затем левую боковую часть пиджака пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом. После ВТО пиджак поворачивают и аналогичным образом обрабатывают боковую правую часть пиджака. Затем изделие снимают и передают для дальнейших операций;

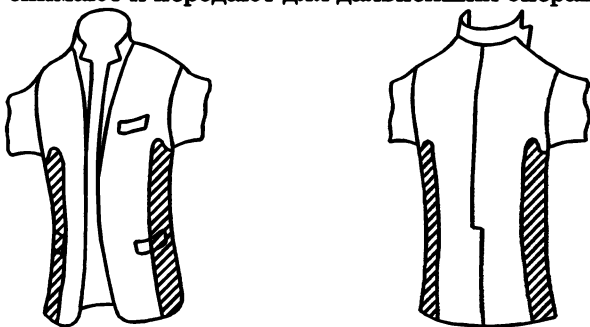


Рисунок 1.49 — Схема расположения обрабатываемых участков левой и правой боковых частей пиджака

— *обработка спинки*

Обработку спинки производят на установке для ВТО, оснащенной специальной объемной подушкой, обеспечивающей выполнение операции за один прием (рисунок 1.50). При этом спинку пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом. После выполнения операции пиджак снимают и навешивают на вешалку;

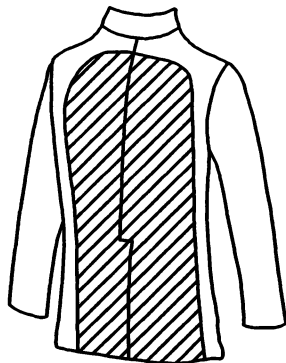


Рисунок 1.50 — *Схема расположения обрабатываемого участка спинки*

— *обработка лацканов*

На специальную подушку пресса навешивают пиджак и укладывают предварительно заутюженные в верхней части лацканы (рисунок 1.51), пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом обрабатываемые участки. Перед ВТО под лацканы укладывают специальные прокладки для предупреждения отпечатков. Затем изделие снимают и передают на следующую операцию;



Рисунок 1.51 — *Схема расположения обрабатываемых участков лацканов*

— обработка воротника

Пиджак надевают на подушку прессы (рисунок 1.52), отгибают воротник по линии стойки, а лацканы до первой петли. Обрабатываемые участки пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом. Затем пиджак снимают и передают на следующую операцию;

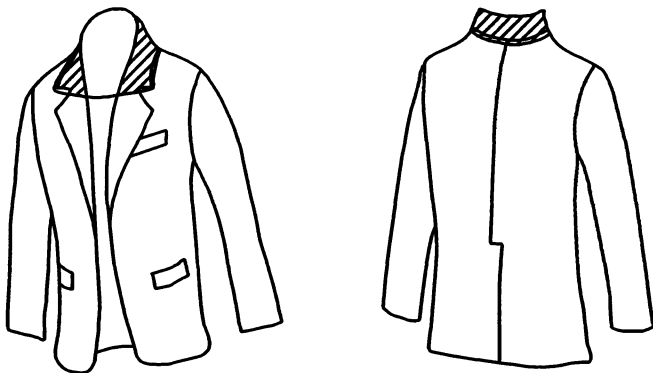


Рисунок 1.52 — Схема расположения обрабатываемых участков воротника

— обработка пройм рукавов

Левую и правую проймы обрабатывают в два приема на установке для ВТО, оснащенной специальной подушкой. Изделие навешивают на подушку прессы (рисунок 1.53) вначале левой стороной, пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом. После чего пиджак перенавешивают и аналогичным образом обрабатывают правую пройму. Затем изделие снимают и передают для дальнейшей обработки;

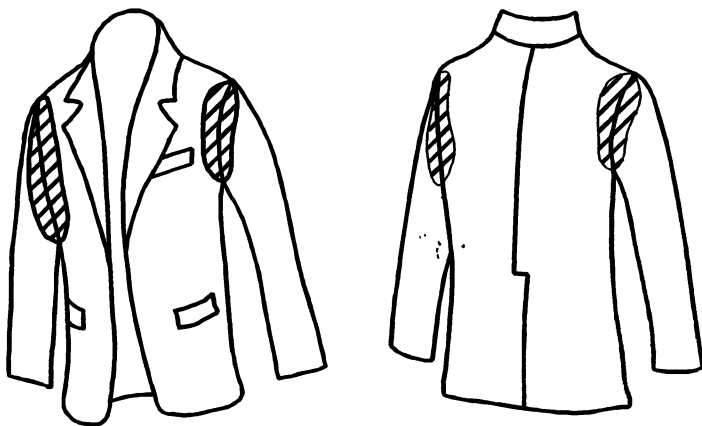


Рисунок 1.53 — Схема расположения обрабатываемых участков пройм рукавов

— обработка верха рукавов

Обработку верха левого и правого рукавов (рисунок 1.54) производят в два приема на гладильной установке, оснащенной специальной подушкой.

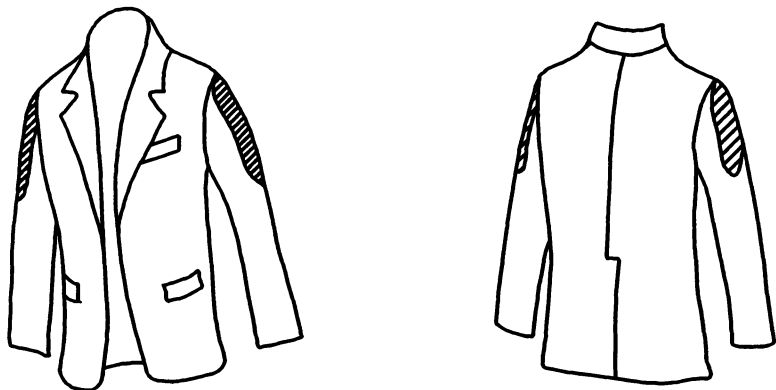


Рисунок 1.54 — Схема расположения обрабатываемых участков верха рукавов

Изделие укладывают на нижнюю подушку левой стороной. Затем участок верха рукава пропаривают, прессуют, сушат и стабилизируют вакуумным отсосом. После выполнения первого приема пиджак переукладывают правой стороной на нижнюю подушку и аналогичным образом обрабатывают. Затем изделие снимают и транспортируют для последующей обработки;

— устранение помятостей

Помятости, возникающие в процессе обработки пиджака на предыдущих операциях, устраняются утюгом на специальной подушке утюжильного стола.

В процессе устранения помятостей используется технологический пар, подаваемый через паропроводные отверстия подошвы утюга. Сушка обработанных участков пиджака осуществляется нагретой до 140 – 150°C подошвой утюга.

Существующие технологические процессы окончательной ВТО обеспечивают требуемое качество и товарный вид швейных изделий при различной производительности и занимаемой оборудовании площади.

При этом эффективность вышеприведенных технологических процессов представлена на рисунке 1.55.

ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ ВТО МУЖСКОГО ПИДЖАКА

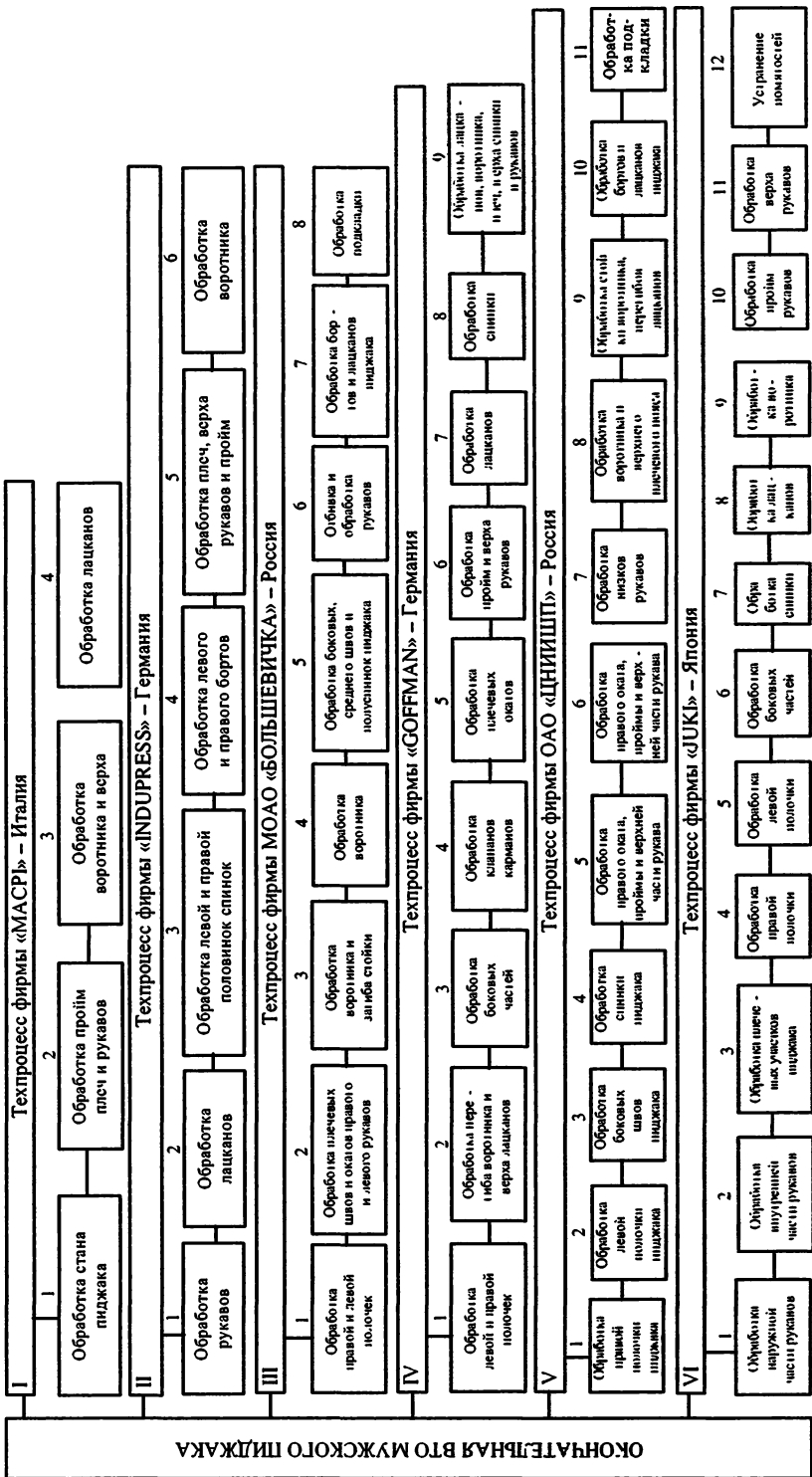


Рисунок 1.55 – Эффективность известных технологических процессов окончательной ВТО мужского пиджака

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Окончательная влажно-тепловая обработка (ВТО) характеризуется циклическими теплофизическими нагрузками, обуславливающими знание соответствующих параметров следующих этапов:

- перевод волокон тканей изделия в высокоэластическое состояние;
- статическое механическое воздействие на отдельные участки изделия;
- динамическое механическое воздействие на изделие;
- сушка изделия;
- перевод волокон тканей изделия в застеклованное состояние.

При этом:

- перевод волокон тканей в высокоэластическое состояние осуществляется технологическим паром, подаваемым как с лицевой, так и с изнаночной сторон швейного изделия;
- сушка производится нагретым воздухом с изнаночной стороны изделия;
- перевод волокон тканей в застеклованное состояние производится воздухом из окружающей среды просасыванием через изделие.

Для эффективного проведения вышеупомянутых этапов окончательной ВТО швейных изделий авторами разработаны теоретические математические модели, описывающие теплофизические процессы во времени [9–17].

В качестве примера математического моделирования принят мужской пиджак как наиболее сложное швейное изделие.

2.1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕВОДА ВОЛОКОН ТКАНЕЙ ИЗДЕЛИЯ В ВЫСОКОЭЛАСТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

Моделирование процесса перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние производится с учетом распределения тепла по слоям элементов изделия.

При этом в качестве основного теплоносителя и пластификатора используется технологический пар.

В начальный момент пропаривания температура ткани T и воды T_B принята меньше 100°C и происходит передача тепла паром нитям тканей и его конденсация.

Пар характеризуется: плотностью ρ_n , скоростью распространения $\vartheta_n = (\vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_3)$, давлением P_n . Состояние воды и ткани характеризуется: плотностью ткани ρ_T ; плотностью воды ρ_B ; температурой ткани T ; температурой воды T_B .

Обозначим через Q некоторую трехмерную область ткани.

В соответствии с законом Ньютона количество тепла q_1 , проходящее через границу ∂Q области Q за промежуток времени (t_1, t_2) , равно:

$$q_1 = - \int_{t_1}^{t_2} dt \int_{\partial Q} k(x) \frac{\partial T}{\partial n} dS,$$

где: n — внешняя нормаль к границе области;

$k(x)$ — коэффициент теплопроводности ткани;

dS — элемент поверхности.

При прохождении пара через область Q происходит передача тепловой энергии от пара к ткани. Количество тепла q_2 , отданное паром ткани, равно:

$$q_2 = \int_{t_1}^{t_2} dt \int_Q \alpha(t, x) [T_n(t, x) - T(t, x)] dx,$$

где: T_n — температура пара;

$\alpha(t, x)$ — коэффициент теплопередачи от пара к ткани;

$x = (x_1, x_2, x_3)$, $dx = dx_1 \cdot dx_2 \cdot dx_3$.

Пусть $C_T(x)$, $\rho_T(x)$ — теплоемкость и плотность ткани, $\rho_B(x, t)$ — плотность воды в ткани, $C_B(x)$ — теплоемкость воды, тогда уравнение теплового баланса будет иметь вид:

$$\begin{aligned} q_1 + q_2 &= - \int_{t_1}^{t_2} dt \int_{\partial Q} k(x) \frac{\partial T}{\partial n} dS + \int_{t_1}^{t_2} dt \int_Q \alpha(t, x) [T_n(t, x) - T(t, x)] dx = \\ &= \int_Q [C_T(x) \rho_T(x) + C_B(x) \rho_B(x, t)] \cdot [T(x, t_2) - T(x, t_1)] dx. \end{aligned}$$

Учитывая, что $T(t_2, x) - T(t_1, x) = \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial T}{\partial t}(t, x) \cdot dt$, пользу-

ясь формулой Остроградского, получим:

$$\int_{t_1}^{t_2} dt \int_Q (C_\tau(x) \rho_\tau(x) + C_b(x) \rho_b(x, t)) \frac{\partial T}{\partial t} - \operatorname{div}(k(x) \operatorname{grad} T) - \alpha(t, x)(T_n(t, x) - T(t, x)) dx = 0,$$

где: вектор градиента равен, $\operatorname{grad} T = \left(\frac{\partial T}{\partial x_1}, \frac{\partial T}{\partial x_2}, \frac{\partial T}{\partial x_3} \right)$;

div — оператор дивергенции.

$$\operatorname{div}(k(x) \operatorname{grad} T) = \frac{\partial}{\partial x_1} \left(k(x) \frac{\partial T}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left(k(x) \frac{\partial T}{\partial x_2} \right) + \frac{\partial}{\partial x_3} \left(k(x) \frac{\partial T}{\partial x_3} \right).$$

В силу произвольности области Q и непрерывности подинтегральной функции приходим к уравнению:

$$\begin{aligned} [C_\tau(x) \rho_\tau(x) + C_b(x) \rho_b(x, t)] \frac{\partial T}{\partial t} &= \operatorname{div}(k(x) \operatorname{grad} T) + \\ + \alpha(t, x) [T_n(t, x) - T(t, x)]. \end{aligned} \quad (2.1)$$

Будем характеризовать процесс образования воды из проходящего пара коэффициентом конденсации $\beta(t, x)$, считая, что:

$$\frac{\partial \rho_b}{\partial t}(x, t) = \beta(x, t)(T_n(x, t) - T(t, x)) \cdot \rho_n(x, t), \quad (2.2)$$

где: $\rho_n(x, t)$ — плотность пара;

$\rho_b(x, t)$ — плотность воды.

Получим далее уравнение неразрывности потока пара. Полное количество пара, вытекающего в единицу времени из объема Q , равно:

$$\int_{\partial Q} \rho_n \cdot \vartheta_n^n \cdot dS + \int_Q \beta(x, t) \cdot (T_n(x, t) - T(x, t)) \cdot \rho_n(x, t) \cdot dx,$$

где ϑ_n^n — составляющая скорости пара, ортогональная к поверхности ∂Q .

С другой стороны, уменьшение количества пара в объеме Q имеет вид:

$$-\frac{\partial}{\partial t} \int_Q \rho_n(t, x) \cdot dx.$$

Приравнивая величины потоков, получим:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_Q \rho_n(t, x) dx = - \int_{\partial Q} \rho_n \cdot \vartheta_n \cdot dS - \int_Q \beta(x, t) (T_n(t, x) - T(t, x)) \cdot \rho_n(t, x) dx.$$

Используя формулу Остроградского, получим:

$$\int_Q \left(\frac{\partial \rho_n(t, x)}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho_n(t, x) \vartheta_n(t, x)) + \beta(x, t) \cdot (T_n(t, x) - T(t, x)) \cdot \rho_n(t, x) \right) dx = 0.$$

В силу произвольности области Q и непрерывности подынтегральной функции получим:

$$\frac{\partial \rho_n}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho_n \cdot \vartheta_n) + \beta(x, t) (T_n(t, x) - T(t, x)) \cdot \rho_n = 0, \quad (2.3)$$

$$\text{где } \operatorname{div}(\rho_n \cdot \vartheta_n) = \frac{\partial}{\partial x_1} (\rho_n \cdot \vartheta_1) + \frac{\partial}{\partial x_2} (\rho_n \cdot \vartheta_2) + \frac{\partial}{\partial x_3} (\rho_n \cdot \vartheta_3).$$

Уравнение (2.3) определяет изменение плотности пара во времени и пространстве и является искомым уравнением неразрывности потока пара. Изменение скорости пара ϑ_n определяется уравнением Эйлера:

$$\rho_n \frac{d\vartheta_n}{dt} = - \operatorname{grad} P_n(x, t).$$

Учитывая, что

$$\begin{aligned} \frac{d\vartheta_n}{dt} &= \frac{\partial \vartheta_n}{\partial t} + \vartheta_{n_1} \frac{\partial}{\partial x_1} (\vartheta_n) + \vartheta_{n_2} \frac{\partial}{\partial x_2} (\vartheta_n) + \\ &+ \vartheta_{n_3} \frac{\partial}{\partial x_3} (\vartheta_n) = \frac{\partial \vartheta_n}{\partial t} + (\vartheta_n \cdot \nabla) \vartheta_n, \end{aligned}$$

$$\text{где: } \nabla = \frac{\partial}{\partial x_1} \cdot \bar{i} + \frac{\partial}{\partial x_2} \cdot \bar{j} + \frac{\partial}{\partial x_3} \cdot \bar{k};$$

$\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ — единичные орты осей $O_{x_1}, O_{x_2}, O_{x_3}$;

∇ — оператор Гамильтона,

получим:

$$\frac{\partial \vartheta_n}{\partial t} + (\vartheta_n \cdot \nabla) \cdot \vartheta_n = - \frac{\operatorname{grad} P_n(x, t)}{\rho_n(x, t)}. \quad (2.4)$$

Уравнение (2.4) является искомым уравнением Эйлера и определяет изменение скорости пара во времени и пространстве.

Для вывода уравнений, характеризующих температуру $T_n(t, x)$ проходящего пара, проанализируем изменение энергии единицы объема пара E :

$$E = \frac{\rho_n \cdot \vartheta_n^2}{2} + \rho_n \cdot \varepsilon_n,$$

где: ε_n — внутренняя энергия единицы объема пара;

$\frac{\rho_n \cdot \vartheta_n^2}{2}$ — кинетическая энергия единицы объема пара.

Скорость изменения E в данной фиксированной точке ткани равна:

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial t} \left(\rho_n \frac{\vartheta_n^2}{2} + \rho_n \cdot \varepsilon_n \right) = \frac{\partial \rho_n}{\partial t} \cdot \frac{\vartheta_n^2}{2} + \rho_n \cdot \vartheta_n \cdot \frac{\partial \vartheta_n}{\partial t} + \\ &+ \frac{\partial \rho_n}{\partial t} \cdot \varepsilon_n + \rho_n \cdot \frac{\partial \varepsilon_n}{\partial t} = \frac{\partial \rho_n}{\partial t} \left(\varepsilon_n + \frac{\vartheta_n^2}{2} \right) + \rho_n \left(\vartheta_n \cdot \frac{\partial \vartheta_n}{\partial t} + \frac{\partial \varepsilon_n}{\partial t} \right). \end{aligned}$$

Положим $\varepsilon_n = C_n T_n(t, x)$,

где C_n — удельная теплоемкость пара.

Используя уравнение непрерывности (2.3) и уравнение Эйлера (2.4), получим:

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial t} &= -(\beta(x, t) \cdot (T_n(t, x) - T(t, x)) \cdot \rho_n + \operatorname{div}(\rho_n \cdot \vartheta_n)) \cdot \left(C_n \cdot T_n(t, x) + \frac{\vartheta_n^2}{2} \right) + \\ &+ \rho_n \cdot \left(C_n \frac{\partial T_n(t, x)}{\partial t} \cdot \vartheta_n \cdot (\vartheta_n \cdot \nabla) \cdot \vartheta_n - \frac{\vartheta_n \operatorname{grad} P_n(t, x)}{\rho_n} \right). \end{aligned}$$

Согласно уравнению состояния газа

$$P_n(t, x) = \frac{R}{\mu} \cdot \rho_n(t, x) \cdot T_n(t, x),$$

где: R — универсальная газовая постоянная;

μ — молярная масса пара, имеем:

$$\operatorname{grad} P_n(t, x) = \frac{R}{\mu} (\operatorname{grad} \rho_n(t, x) \cdot T_n(t, x) + \rho_n(t, x) \operatorname{grad} T_n(t, x)).$$

Тогда:

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial t} &= -\frac{\vartheta_n^2}{2} \{ \beta(x, t) [T_n(t, x) - T(t, x)] \rho_n + \operatorname{div}(\rho_n \cdot \vartheta_n) \} + \\ &+ C_n \cdot T_n(t, x) [\operatorname{div}(\rho_n \cdot \vartheta_n) + \beta(x, t) (T_n(t, x) - T(t, x)) \rho_n] + \\ &+ \rho_n \cdot C_n \frac{\partial T_n(t, x)}{\partial t} - \rho_n \cdot \vartheta_n \cdot (\vartheta_n \cdot \nabla) \cdot \vartheta_n - \quad (2.5) \\ &- \frac{\vartheta_n \cdot R}{\mu} [T_n(t, x) \cdot \operatorname{grad} \rho_n(t, x) + \rho_n(t, x) \cdot \operatorname{grad} T_n(t, x)]. \end{aligned}$$

Изменение энергии δE_1 пара и воды в области Q в интервале времени (t_1, t_2) равно:

$$\delta E_1 = \int_{t_1}^{t_2} dt \int_Q \left\{ \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial \rho_s}{\partial t} [C_n (T_n(t, x) - 100^\circ) + K_1 + C_s (100^\circ - T(t, x))] \right\} dx,$$

где: C_B — удельная теплоемкость воды;

K_1 — удельная теплота парообразования.

С другой стороны, количество энергии δE_2 , переданное ткани в этом объеме и в том же интервале времени, равно:

$$\delta E_2 = \int_{t_1}^{t_2} dt \int_Q \alpha(t, x) [T_n(t, x) - T(t, x)] dx.$$

Приравнявая оба потока энергии, $\delta E_2 = -\delta E_1$, в силу произвольности области Q , интервала $[t_1, t_2]$ и непрерывности подынтегральной функции получим:

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial \rho_s}{\partial t} [C_n \cdot T_n(x, t) - C_s \cdot T(x, t) + (C_s - C_n) \cdot 100^\circ + K_1] = -\alpha(t, x) \cdot [T_n(x, t) - T(x, t)].$$

Используя уравнение непрерывности (2.2) и уравнение (2.5), получим:

$$\begin{aligned} & -\frac{\vartheta_n^2}{2} \cdot \rho_n \cdot \beta(x, t) [T_n(t, x) - T(t, x)] + \\ & + \frac{\vartheta_n^2}{2} \cdot \operatorname{div}(\rho_n \cdot \vartheta_n) \cdot C_n \cdot T_n(t, x) \cdot \operatorname{div}(\rho_n \cdot \vartheta_n) - \\ & - \rho_n \cdot \beta(x, t) \cdot C_n \cdot T_n(t, x) [T_n(t, x) - T(t, x)] + \\ & + \rho_n \cdot C_n \frac{\partial T_n}{\partial t} - \rho_n \cdot \frac{1}{2} \vartheta_n \cdot \operatorname{grad}(\vartheta_n^2) - \\ & - \frac{R \cdot \vartheta_n}{\mu} [T_n(t, x) \operatorname{grad} \rho_n(t, x) + \rho_n(t, x) \operatorname{grad} T_n] + \\ & + \beta(x, t) [T_n(t, x) - T(t, x)] \rho_n \cdot [C_n \cdot T_n(x, t) - C_s \cdot T(x, t) + \\ & + (C_s - C_n) \cdot 100^\circ + K_1] = -\alpha(t, x) \cdot [T_n(t, x) - T(t, x)] \end{aligned}$$

После преобразований получим:

$$\left. \begin{aligned} \rho_n C_n \frac{\partial T_n}{\partial t} = \frac{R \cdot \vartheta_n}{\mu} \rho_n \operatorname{grad} T_n(t, x) + \left[\frac{\vartheta_n \cdot R}{\mu} \operatorname{grad} \rho_n + C_n \cdot \operatorname{div}(\rho_n \cdot \vartheta_n) \right] \cdot \\ \cdot T_n(t, x) + (T_n(t, x) - T(t, x)) \cdot \rho_n \cdot \beta(t, x) \cdot \left(\frac{\vartheta_n^2}{2} + C_s \cdot T(t, x) - \right. \\ \left. - (C_s - C_n) \cdot 100^\circ - K_1 - \alpha \right) + \frac{\vartheta_n^2}{2} \operatorname{div}(\rho_n \cdot \vartheta_n) + \frac{1}{2} \rho_n \cdot \vartheta_n \operatorname{grad}(\vartheta_n^2) \end{aligned} \right\} (2.6)$$

Таким образом, для данного процесса ВТО при $T < 100^\circ\text{C}$ имеем уравнения (2.1–2.4, 2.6) (уравнение (2.4) — векторное, для трех компонент скорости) для нахождения неизвестных: $T, T_{\text{п}}, \rho_{\text{в}}, \rho_{\text{т}}$ и $\vartheta_{\text{п}} = (\vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_3)$.

Пусть теперь температура волокон $T \geq 100^\circ\text{C}$. При этом происходит нагревание волокон и испарение воды. В этих условиях температуры воды и ткани будут различными, $T_{\text{в}} = 100^\circ\text{C}$.

Уравнение (2.1) примет вид с учетом нагревания ткани:

$$C_{\text{т}}(x)\rho_{\text{т}}(x)\frac{\partial T}{\partial t} = \text{div}[k(x)\text{grad}T(x,t)] + \alpha(t,x)[T_{\text{п}}(t,x) - T(t,x)] - \alpha_3(t,x)(T - 100^\circ\text{C}). \quad (2.7)$$

Уравнение (2.2) также изменится:

$$\frac{\partial \rho_{\text{в}}}{\partial t} = -\frac{\alpha_2(T_{\text{п}} - 100) + \alpha_3(T - 100^\circ\text{C})}{K_1}, \quad (2.8)$$

где: $\alpha_2(t, x)$ — коэффициент теплопередачи от пара к воде;

$\alpha_3(t, x)$ — коэффициент теплопередачи от ткани к воде.

В уравнении (2.3) следует положить $\beta(t, x) = 0$, и тогда получим обычное уравнение непрерывности:

$$\frac{\partial \rho_{\text{п}}}{\partial t} + \text{div}(\rho_{\text{п}} \cdot \vartheta_{\text{п}}) = 0. \quad (2.9)$$

В уравнении (2.6) следует положить $\beta(t, x) = 0$ и убрать члены, описывающие конденсацию пара. Тогда получим:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{п}} C_{\text{п}} \frac{\partial T_{\text{п}}}{\partial t} = & \vartheta_{\text{п}} \frac{R}{\mu} \rho_{\text{п}} \cdot \text{grad}T_{\text{п}}(t,x) + \vartheta_{\text{п}} \frac{R}{\mu} T_{\text{п}}(t,x) \cdot \text{grad}\rho_{\text{п}} + \\ & + C_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}(t,x) \cdot \text{div}(\rho_{\text{п}} \cdot \vartheta_{\text{п}}) - \alpha \cdot [T_{\text{п}}(t,x) - T(t,x)] - \\ & - \frac{\vartheta_{\text{п}}^2}{2} \text{div}(\rho_{\text{п}} \cdot \vartheta_{\text{п}}) + \rho_{\text{п}} \cdot \vartheta_{\text{п}} \cdot (\vartheta_{\text{п}} \cdot \nabla) \vartheta_{\text{п}}. \end{aligned} \quad (2.10)$$

Уравнение Эйлера (2.4) не изменится. Запишем его с учетом $\text{grad}P_{\text{п}}(x, t)$. Тогда имеем:

$$\frac{\partial \vartheta_{\text{п}}}{\partial t} + (\vartheta_{\text{п}} \cdot \nabla) \vartheta_{\text{п}} = -\frac{R}{\mu} \left[\frac{T_{\text{п}}(t,x)}{\rho_{\text{п}}} \cdot \text{grad}\rho_{\text{п}}(t,x) \right] - \frac{R}{\mu} \cdot \text{grad}T_{\text{п}}(t,x). \quad (2.11)$$

Таким образом, для данного процесса ВТО при $T \geq 100^\circ\text{C}$ имеем уравнения (2.7) — (2.11) для нахождения 7 неизвестных: $T, T_{\text{п}}, \rho_{\text{в}}, \rho_{\text{т}}$ где: $\vartheta_{\text{п}} = (\vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_3)$. Опишем теперь начальные и граничные условия для получения уравнений. Для уравнений (2.1) и (2.7) граничные условия выглядят так:

$$\left. \begin{aligned} k(x) \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\partial Q_1} &= \alpha_T \cdot (T_c - T) + \beta(t, x) \cdot \rho_n(t, x) \cdot (T_n - T_c) \cdot K_{\parallel \partial Q_1} \\ k(x) \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\partial Q_0} &= \alpha_{\text{но-т}} \cdot (T_0 - T) \Big|_{\partial Q_0}, \end{aligned} \right\} \quad (2.12)$$

где: T_c — температура внешней среды;

T_0 — температура нижней подушки;

α_T — коэффициент теплоотдачи с поверхности ткани, не прилегающей к нижней подушке;

$\alpha_{\text{но-т}}$ — коэффициент теплоотдачи с поверхности нижней подушки в ткань;

∂Q_0 — поверхность ткани, прилегающей к нижней подушке;

∂Q_1 — поверхность ткани, не прилегающей к нижней подушке.

Начальные условия для уравнения (2.1):

$$T(0, x) = T_{T0}, \quad (2.13)$$

где T_{T0} — первоначальная температура ткани.

Пусть t_1 — момент времени, при котором $T_B(t_1, x) = T(t_1, x) = 100^\circ\text{C}$; начиная с момента t_1 происходит переход от системы уравнений (2.1–2.4), (2.6) к системе уравнений (2.7–2.11). При этом начальные условия для уравнения (2.7) принимают вид:

$$T(t_1, x) = \tilde{T}(t_1, x), \quad (2.14)$$

где $\tilde{T}(t_1, x)$ — решение уравнения (2.1) в момент времени t_1 .

Для уравнения (2.2) начальные условия таковы:

$$\rho_B(0, x) = \rho_{B0}, \quad (2.15)$$

где ρ_{B0} — начальная плотность воды в ткани.

Для уравнения (2.8) начальные условия имеют вид:

$$\rho_B(t_1, x) = \tilde{\rho}_B(t_1, x), \quad (2.16)$$

где $\tilde{\rho}_B(t_1, x)$ — решение уравнения (2.2) в момент времени t_1 .

Для уравнений (2.3) и (2.9) граничные условия таковы:

$$\rho_n(t, x) \Big|_{\partial Q_n} = \rho_{n0}, \quad (2.17)$$

где ρ_{n0} — первоначальная плотность пара, выходящего из нижней подушки.

Для уравнения (2.9) имеем начальное условие:

$$\rho_n(t_1, x) = \tilde{\rho}_n(t_1, x), \quad (2.18)$$

где $\tilde{\rho}_n(t_1, x)$ — решение уравнения (2.3) в момент времени t_1 .

Уравнение (2.11) (такое же, как и (2.4), только давление пара выражено через температуру согласно уравнению состояния газа) имеет граничные условия:

$$\vartheta_n(t, x)|_{t=Q_0} = \vartheta_{no}, \quad (2.19)$$

где ϑ_{no} — первоначальная скорость пара, выходящего из нижней подушки.

Уравнения (2.7–2.11) решаются до момента t_2 (t_2 — момент перехода волокон в высокоэластическое состояние): $T(t_2, x) = T_2$, где T_2 — температура перехода волокон в высокоэластическое состояние.

Системы квазилинейных дифференциальных уравнений в частных производных (2.1–2.4), (2.6) и (2.7–2.11) могут быть решены численным методом по неявной схеме (для обеспечения устойчивости) с применением метода факторизации или же прогонки.

Рассмотрим случай, когда скалярное поле, характеризующее состояние процессов ВТО, зависит лишь от расстояния от некоторой оси и времени, т.е. задается функциями вида $f(r, t)$.

Введем цилиндрическую систему координат (r, φ, z) , центр которой расположим в центре симметрии нижнего основания рабочего органа, ось O_z направлена вертикально вверх, координаты x_1, x_2 определяются из уравнений:

$$\begin{aligned} x_1 &= r \cdot \cos\varphi + r_{\min} \\ x_2 &= r \cdot \sin\varphi + r_{\min}, \\ x_3 &= z \end{aligned} \quad (2.20)$$

где: r — текущая толщина ткани;

r_{\min} — минимальное расстояние поверхности ткани от оси O_z .

Оператор $grad(t, r)$ имеет следующий вид:

$$grad(t, r) = \frac{\partial f}{\partial r} \bar{\ell}_r, \quad (2.21)$$

где $\bar{\ell}_r$ — единичный вектор.

Из (2.21) имеем:

$$\Delta f(t, r) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial f}{\partial r} \right) = \frac{\partial^2 f}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial f}{\partial r}, \quad (2.22)$$

где $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ оператор Лапласа.

Получим теперь уравнения, характеризующие процесс ВТО в этих предположениях, учитывая формулы (2.20–2.22).

Уравнения (2.1–2.4), (2.6) в цилиндрической системе координат приобретают следующий вид:

$$[C_r(r) \cdot \rho_r(r) + C_s(r) \cdot \rho_s(r, t)] \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \\ = k \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{(r+r_{\min})} \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \alpha(t, r) \cdot [T_n(t, r) - T(t, r)]; \quad (2.23)$$

$$\frac{\partial \rho_s}{\partial t}(r, t) = \beta(r, t)(T_n(r, t) - T(r, t)) \cdot \rho_n(t, r); \quad (2.24)$$

$$\frac{\partial \rho_n}{\partial t} = -\frac{\partial \rho_n}{\partial r} \cdot \vartheta_n(r, t) - \rho_n(r, t) \cdot \frac{\partial \vartheta_n}{\partial r} - \\ - \beta(r, t)(T_n(r, t) - T(r, t)) \cdot \rho_n(r, t) = 0; \quad (2.25)$$

$$\frac{\partial \vartheta_n}{\partial t} = -\vartheta_n(r, t) \cdot \frac{\partial \vartheta_n}{\partial r} - \frac{R}{\mu} \left(\frac{T_n(t, r)}{\rho_n(t, r)} \cdot \frac{\partial \rho_n}{\partial r} \right) - \frac{R}{\mu} \frac{\partial T_n}{\partial r}; \quad (2.26)$$

$$\rho_n \cdot C_n \frac{\partial T_n}{\partial t} = \left(\frac{R}{\mu} \rho_n \frac{\partial T_n}{\partial r} + \frac{R \cdot T_n}{\mu} \frac{\partial \rho_n}{\partial r} \right) \cdot \vartheta_n + \\ + \rho_n \cdot \vartheta_n^2 \cdot \frac{\partial \vartheta_n}{\partial r} - \left(C_n \cdot T_n + \frac{\vartheta_n^2}{2} \right) \cdot \left(\frac{\partial \rho_n}{\partial r} \cdot \vartheta_n + \frac{\partial \vartheta_n}{\partial r} \cdot \rho_n \right) + \quad (2.27)$$

$$(T_n(t, r) - T(t, r)) \cdot \left[\rho_n \cdot \beta(t, r) \cdot \left(\frac{\vartheta_n^2}{2} + C_s \cdot T(t, r) - \right. \right. \\ \left. \left. (C_s - C_n) \cdot 100^\circ \text{C} - K_1 \right) - \alpha(t, r) \right].$$

Граничные условия для уравнений (2.23–2.27) такие же, как и для уравнений (2.1–2.4), (2.6), только при $x \in \partial Q_0$ следует положить $r = 0$, а при $x \in \partial Q_1$ следует положить $r = H$, где H — толщина ткани. В начальных условиях следует положить $x = r_{\min} + r$. Уравнения (2.7–2.11) выглядят следующим образом:

$$C_r(r) \cdot \rho_r(r) \frac{\partial T}{\partial t} = k \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r_{\min} + r} \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \\ + \alpha(t, r) [T_n(t, r) - T(t, r)] - \alpha_3(t, r) \cdot (T - 100^\circ); \quad (2.28)$$

$$\frac{\partial \rho_s}{\partial t}(t, r) = -\frac{\alpha_2(t, r)(T_n - 100) + \alpha_3(T - 100)}{K_1}; \quad (2.29)$$

$$\frac{\partial \rho_n}{\partial t} = -\rho_n \frac{\partial \vartheta_n}{\partial r} - \vartheta_n \frac{\partial \rho_n}{\partial r}; \quad (2.30)$$

$$\rho_n C_n \frac{\partial T_n}{\partial t} = \vartheta_n \cdot \frac{R}{\mu} \rho_n \frac{\partial T_n}{\partial r} + \vartheta_n \left[\frac{R \cdot T_n}{\mu} - \left(C_n \cdot T_n + \frac{\vartheta_n^2}{2} \right) \right] \frac{\partial \rho_n}{\partial r} + \\ + \left[\vartheta_n^2 - \left(C_n T_n + \frac{\vartheta_n^2}{2} \right) \right] \cdot \frac{\partial \vartheta_n}{\partial r} \cdot \rho_n - \alpha(t, r) \cdot (T_n(t, r) - T(t, r)); \quad (2.31)$$

$$\rho_n C_n \frac{\partial T}{\partial t} = \vartheta_n \cdot \frac{R}{\mu} \rho_n \frac{\partial T_n}{\partial r} + \vartheta_n \left[\frac{R \cdot T_n}{\mu} - \left(C_n T_n + \frac{\vartheta_n^2}{2} \right) \right] \cdot \frac{\partial \rho_n}{\partial r} + \left(\frac{\vartheta_n^2}{2} - C_n \cdot T_n \right) \cdot \rho_n \frac{\partial \vartheta_n}{\partial r}. \quad (2.32)$$

Граничные и начальные условия для уравнений (2.28–2.32) преобразуются так же, как и для уравнений (2.23–2.27). (Уравнение (2.26) остается без изменений.)

Запишем предварительно уравнения (2.23–2.32) в кратком виде для облегчения написания разностных схем, реализующих численный алгоритм расчета.

Введем следующие обозначения:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial r}, \frac{\partial \rho_n}{\partial r}, \frac{\partial \vartheta_n}{\partial r}, \frac{\partial T_n}{\partial r} \right);$$

$$A_0 = - \frac{k}{C_r(r) \cdot \rho_r(r) + C_b(r) \cdot \rho_b(r, t)}.$$

$$A_1 = \frac{A_0}{r + r_{\min}}; \quad A_5 = \frac{A_0}{R} \cdot \alpha(t, r).$$

$$B_5 = \beta(r, t) \cdot \rho_n(r, t).$$

$$C_2 = -\vartheta_n(r, t); \quad C_3 = -\rho_n(r, t); \quad C_5 = -\beta(r, t) \cdot \rho_n(r, t).$$

$$D_3 = -\vartheta_n(r, t); \quad -\frac{R}{\mu} \left(\frac{T_n(t, r)}{\rho_n(t, r)} \right) = D_2; \quad D_4 = -\frac{R}{\mu}.$$

$$E_4 = \frac{R}{\mu} \cdot \frac{\vartheta_n}{C_n}; \quad E_2 = \frac{R \cdot T_n \cdot \frac{\vartheta_n}{\mu} - \left(C_n \cdot T_n + \frac{\vartheta_n^2}{2} \right) \cdot \vartheta_n}{\rho_n \cdot C_n};$$

$$E_3 = \frac{\left(\vartheta_n^2 - \left(C_n \cdot T_n + \frac{\vartheta_n^2}{2} \right) \right)}{C_n} = \frac{\vartheta_n^2 - C_n \cdot T_n}{C_n};$$

$$E_5 = \rho_n \cdot \beta(t, r) \cdot \left(\frac{\vartheta_n^2}{2} + C_b \cdot T - (C_b - C_n) \right).$$

Тогда уравнения (2.23–2.27) приобретут вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} &= A_0 \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + A_1 \frac{\partial T}{\partial r} + A_5 \cdot T_n - A_5 \cdot T \\ \frac{\partial \rho_v}{\partial t} &= B_5 \cdot T_n - B_5 \cdot T \\ \frac{\partial \rho_n}{\partial t} &= C_2 \frac{\partial \rho}{\partial r} + C_3 \frac{\partial \vartheta_n}{\partial r} + C_5 \cdot T_n - C_5 \cdot T \\ \frac{\partial \vartheta_n}{\partial t} &= D_2 \frac{\partial \rho}{\partial r} + D_3 \frac{\partial \vartheta_n}{\partial r} + D_4 \frac{\partial T_n}{\partial r} \\ \frac{\partial T_n}{\partial t} &= E_2 \frac{\partial \rho}{\partial r} + E_3 \frac{\partial \vartheta_n}{\partial r} + E_4 \frac{\partial T_n}{\partial r} + E_5 \cdot T_n - E_5 \cdot T \end{aligned} \right\} (2.33)$$

Коэффициенты A_0, B_0, C, D, E_0 зависят от состояния процессов ВТО. Введем обозначения:

$$\begin{aligned} T(r_k, t_j) &= T_k^j, \quad \rho_v(r_k, t_j) = \rho_{вк}^j, \quad \vartheta_n(r_k, t_j) = \vartheta_{пк}^j, \\ \rho_n(r_k, t_j) &= \rho_{пк}^j, \quad T_n(r_k, t_j) = T_{пк}^j, \end{aligned}$$

где r_k, t_j — узлы вычислительной сетки для переменных (r, t) .

Запишем систему разностных уравнений для системы (2.33):

$$\left. \begin{aligned} \frac{T_k^{j+1} - T_h^j}{\tau} &= A_{ок}^j \cdot \frac{T_{к+1}^{j+1} - 2T_k^{j+1} + T_{к-1}^{j+1}}{h^2} + \\ &+ A_{лк}^j \cdot \frac{T_{к+1}^{j+1} \cdot T_{к-1}^{j+1}}{2h} + A_{5к}^j \cdot T_{пк}^{j+1} - A_{5к}^j \cdot T_k^{j+1} \\ \rho_{вк}^{j+1} &= B_{5к}^j \cdot (T_{пк}^j - T_k^j) \cdot \tau + \rho_{вк}^j \\ \frac{\rho_{пк}^{j+1} - \rho_{пк}^j}{\tau} &= C_{2к}^j \frac{\rho_{пк+1}^{j+1} - \rho_{пк-1}^{j+1}}{2h} + C_{3к}^j \frac{\vartheta_{пк+1}^{j+1} - \vartheta_{пк-1}^{j+1}}{2h} + \\ &+ C_{5к}^j \cdot T_{пк}^{j+1} - C_{5к}^j \cdot T_{пк}^{j+1} \\ \frac{\vartheta_{пк}^{j+1} - \vartheta_{пк}^j}{\tau} &= D_{2к}^j \frac{\rho_{пк+1}^{j+1} - \rho_{пк-1}^{j+1}}{2h} + D_{3к}^j \frac{\vartheta_{пк+1}^{j+1} - \vartheta_{пк-1}^{j+1}}{2h} + \\ &+ D_{4к}^j \frac{T_{пк+1}^{j+1} - T_{пк-1}^{j+1}}{2h} \\ \frac{T_{пк}^{j+1} - T_{пк}^j}{\tau} &= E_{2к}^j \frac{\rho_{пк+1}^{j+1} - \rho_{пк-1}^{j+1}}{2h} + E_{3к}^j \frac{\vartheta_{пк+1}^{j+1} - \vartheta_{пк-1}^{j+1}}{2h} + \\ &+ E_u \frac{T_{пк+1}^{j+1} - T_{пк-1}^{j+1}}{2h} + E_{5к}^j \cdot T_{пк}^{j+1} - E_{5к}^j \cdot T_k^{j+1} \end{aligned} \right\} (2.34)$$

где: h — шаг по переменной r ;
 τ — шаг по переменной t .

Если ввести многомерный вектор $y_k^j = (T_k^j, \rho_{пк}^j, \vartheta_{пк}^j, T_{пк}^j)^T$, то уравнения системы (2.34) могут быть записаны в виде:

$$-A_k^j \cdot y_{k-1}^{j+1} + P_k^j \cdot y_k^{j+1} + C_k^j \cdot y_{k+1}^{j+1} + D_k^j \cdot y_k^j = F_k^j, \quad (2.35)$$

где матрицы A_k^j, P_k^j, C_k^j получаются из коэффициентов системы (2.34) при приведении ее к виду (2.35). Система (2.35) эффективно решается при помощи метода факторизации, или метода прогонки, согласно формулам:

$$\left. \begin{aligned} \beta_{k+1}^j &= (P_k^j - A_k^j \cdot \beta_k^j)^{-1} \cdot C_k^j \\ Z_{k+1}^j &= (P_k^j - A_k^j \cdot \beta_k^j)^{-1} \cdot (A_k^j \cdot Z_k^j + F_k^j) \\ y_k^j &= \beta_{k+1}^j \cdot y_{k+1}^j + Z_{k+1}^j \end{aligned} \right\} \quad (2.36)$$

при условии $\beta_1^j = Z_1^j = 0, k = 1, 2, \dots, n$.

Схема прогонки (2.36) позволяет находить вектор Y_k^j в последовательные моменты времени:

$$t_1, t_2, \dots, t_n, \text{ т.е. } y_k^1, y_k^2, \dots, y_k^n.$$

Второе уравнение системы (2.34) решается последовательно после остальных уравнений системы (2.34).

Аналогично, вводя вместо производных $\frac{\partial T}{\partial \tau}, \frac{\partial \rho_{пк}}{\partial \tau}, \frac{\partial \vartheta_{пк}}{\partial \tau}, \frac{\partial T_{пк}}{\partial \tau}$ их разностные аналоги, получим:

$$\frac{T_k^{j+1} - T_k^j}{\tau}, \frac{\rho_{пк}^{j+1} - \rho_{пк}^j}{\tau}, \frac{\vartheta_{пк}^{j+1} - \vartheta_{пк}^j}{\tau}, \frac{T_{пк}^{j+1} - T_{пк}^j}{\tau}.$$

Вместо производных $\frac{\partial^2 T}{\partial \tau^2}, \frac{\partial T}{\partial \tau}, \frac{\partial \vartheta_{пк}}{\partial \tau}, \frac{\partial T_{пк}}{\partial \tau}, \frac{\partial \rho_{пк}}{\partial \tau}$ соответственно их разностные аналоги:

$$\frac{(T_{к+1}^{j+1} - 2T_k^{j+1} + T_{к-1}^{j+1})}{h^2}, \frac{T_{к+1}^{j+1} - T_{к-1}^j}{2h}, \frac{\rho_{пк+1}^{j+1} - \rho_{пк-1}^{j+1}}{2h}, \frac{\vartheta_{пк+1}^{j+1} - \vartheta_{пк-1}^{j+1}}{2h}, \frac{T_{пк+1}^{j+1} - T_{пк-1}^{j+1}}{2h}.$$

Окончательно получим разностное уравнение вида (2.35), которое решается методом факторизации (2.36).

Рассматриваемые разностные аппроксимации имеют первый порядок точности по временной переменной и второй порядок точности по пространственной переменной.

Таким образом, получена математическая модель перелома волокон тканей в высокоэластическое состояние в процессе пропаривания при окончательной ВТО, позволяющая оптимизировать соответствующие параметры.

Расчет параметров осуществляется на ПК согласно разработанному алгоритму (рисунок 2.1).

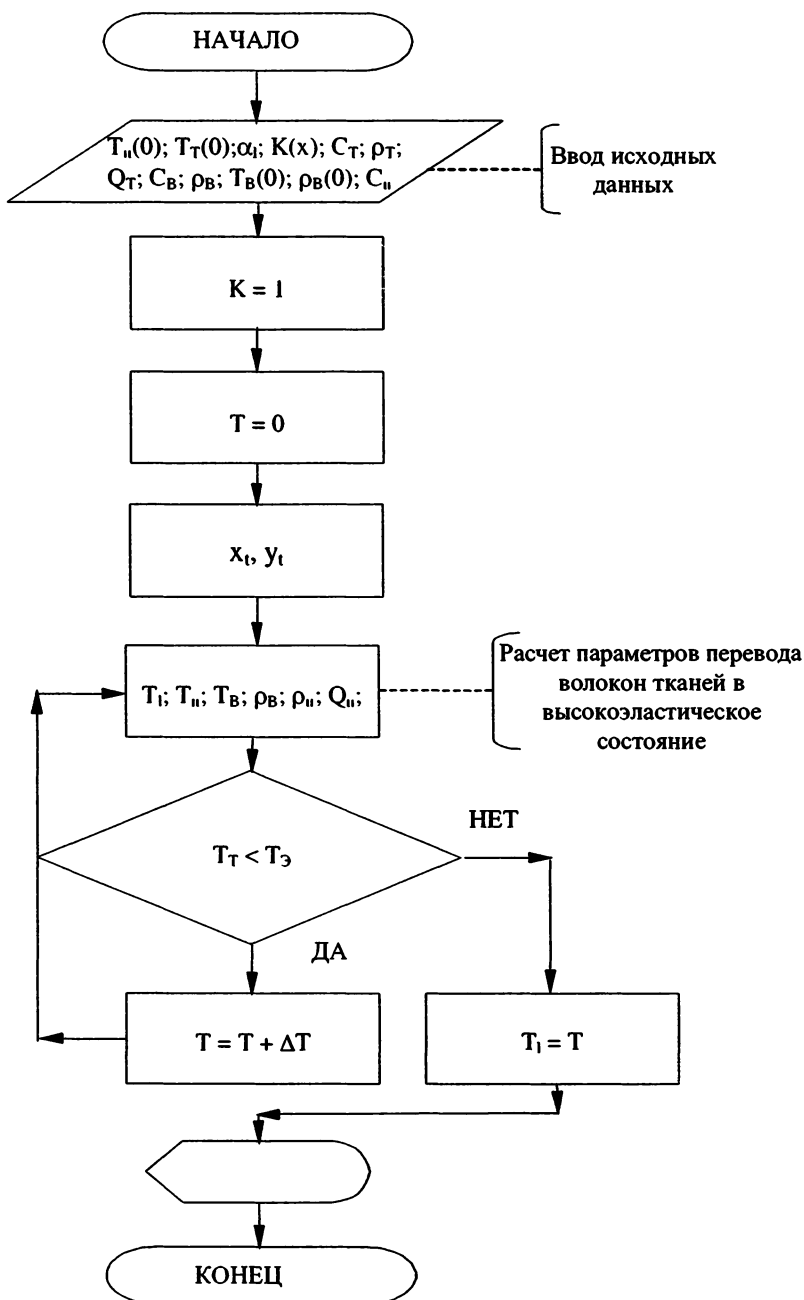


Рисунок 2.1 – Алгоритм расчета параметров перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние при окончательной ВТО.
 K – № процесса ВТО

2.2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ МЕХАНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ИЗДЕЛИЕ

Для описания теплофизических процессов при статическом механическом воздействии на участки изделия рассмотрим вывод уравнения теплопроводности для трехмерного тела [18, 19].

Участок тканей, находящийся в трехмерной области Q , $x = (x_1, x_2, x_3)$, имеет плотность $\rho(x)$, теплоемкость $c(x)$ и коэффициент теплопроводности $k(x)$. Обозначим через $u(x, t)$ температуру в точке $x \in Q$ в момент времени t . Предполагаем, что температура в начальный момент времени $t=t_0$ известна:

$$u(x, t) \Big|_{t=t_0} = \varphi(x), \quad x \in Q.$$

Определим ее при $t > t_0$. В этом случае Q_1 — некоторая подобласть Q .

В соответствии с законом Ньютона количество тепла, проходящее через границу ∂Q_1 в область Q за промежуток времени (t_1, t_2) , $t_0 \leq t_1 < t_2$, равно:

$$- \int_{t_1}^{t_2} dt \int_{\partial Q_1} k(x) \frac{\partial u}{\partial n} dS,$$

где n — внешняя нормаль к ∂Q_1 .

Если в области Q имеются тепловые источники с известной плотностью $q(x, t)$, то приращение количества тепла в Q_1 за промежуток времени (t_1, t_2) , $t_0 \leq t_1 < t_2$, равно:

$$\int_{t_1}^{t_2} dt \int_{Q_1} q(x, t) dx - \int_{t_1}^{t_2} dt \int_{\partial Q_1} k(x) \frac{\partial u}{\partial n} dS.$$

Тогда уравнение теплового баланса в Q_1 имеет вид:

$$\begin{aligned} & \int_{t_1}^{t_2} dt \int_{Q_1} q(x, t) dx - \int_{t_1}^{t_2} dt \int_{\partial Q_1} k(x) \frac{\partial u}{\partial n} dS = \\ & = \int_{Q_1} c(x) \rho(x) (u(x, t_2) - u(x, t_1)) dx. \end{aligned} \quad (2.37)$$

Учитывая, что $u(x, t_2) - u(x, t_1) = \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial u}{\partial t}(x, t) dt$, и пользуясь формулой Остроградского, из (2.37) получим:

$$\int_{t_1}^{t_2} dt \int_{Q_1} [c(x) \rho(x) \frac{\partial u}{\partial t} - \operatorname{div}(k(x) \nabla u) - q(x, t)] dx = 0.$$

В силу произвольности области Q_1 и интервала (t_1, t_2) последнее уравнение есть дифференциальное уравнение в частных производных:

$$c(x)\rho(x)\frac{\partial u}{\partial t} = \operatorname{div}[(k(x)\nabla u) + q(x, t)]. \quad (2.38)$$

В случае, когда функции $c(x)$, $p(x)$, $k(x)$ постоянны, уравнение (2.38) имеет вид:

$$\frac{1}{d^2} \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x_3^2} + \frac{q(x, t)}{c\rho}, \quad (2.39)$$

где $d^2 = \frac{k}{c\rho}$.

Пусть температура среды вне области Q равна $u_0(x, t)$, плотность теплового потока через границу ∂Q пропорциональна разности температур $u_{|\partial Q}$ и $u_{0|\partial Q}$, тогда граничное условие для уравнения (2.38) принимает вид:

$$k \frac{\partial u}{\partial n} + k_1 u_{|\partial Q_1} = k_1 u_{0|\partial Q_1}; \quad u_{|\partial Q_2} = T_1; \quad u_{|\partial Q_3} = T_2, \quad (2.40)$$

где: $k_1(x)$ — коэффициент теплообмена тела с окружающей средой;

$\partial Q_1, \partial Q_2, \partial Q_3$ — различные участки поверхности тела.

Задача (2.39, 2.40) решается при помощи метода Фурье.

Рассмотрим для этого собственные функции оператора Лапласа:

$$\left. \begin{aligned} \Delta \tilde{u} &= \frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial^2 x_1^2} + \frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial^2 x_2^2} + \frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial^2 x_3^2} = \lambda \cdot \tilde{u} \\ k \frac{\partial \tilde{u}}{\partial n} + k_1 \tilde{u}_{|\partial Q_1} &= k_1 u_{0|\partial Q_1}; \quad \tilde{u}_{|\partial Q_2} = T_1; \quad \tilde{u}_{|\partial Q_3} = T_2 \end{aligned} \right\}. \quad (2.41)$$

Обозначим собственные функции и значения задачи (2.41) через $\tilde{u}_k(x), \lambda_k, k = 1, 2, \dots$. Тогда решение задачи (2.39, 2.40) представляется в следующем виде:

$$u(x, t) = \sum_{k=1}^{\infty} C_k(t) \cdot \tilde{u}_k(x). \quad (2.42)$$

Подставляя функцию (2.42) в уравнение (2.39), получим:

$$\frac{1}{d^2} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} C'_k(t) \cdot \tilde{u}_k(x) - \sum_{k=1}^{\infty} C_k(t) \cdot \Delta \tilde{u}_k(x) = \frac{q(x, t)}{c\rho}. \quad (2.43)$$

Пусть собственные функции $\tilde{u}_k(x), k = 1, 2, \dots$ ортогональны с весовой функцией $\psi(x)$, т.е.

$$\int_Q u_l(x) \cdot u_m(x) \cdot \psi(x) dx = 0, \text{ если } l \neq m. \quad (2.44)$$

Умножив обе части уравнения (2.43) на функцию $\psi(x) \cdot \tilde{u}_i(x)$ и проинтегрировав по области Q , получим:

$$\begin{aligned} \frac{1}{d^2} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \tilde{u}_i(x) \cdot \psi(x) C_k'(t) \cdot \tilde{u}_k(x) dx - \sum_{k=1}^{\infty} \int_Q \tilde{u}_i(x) \cdot \psi(x) C_k(t) \cdot \lambda_k \cdot \tilde{u}_k(x) dx = \\ = \frac{1}{c\rho} \int_Q q(x, t) \cdot \psi(x) \cdot \tilde{u}_i(x) dx = q_i(t). \end{aligned}$$

Используя (2.44), получим:

$$\frac{1}{d^2} \cdot C_i'(t) \int_Q \psi(x) \cdot \tilde{u}_i^2(x) dx - \lambda_i \cdot C_i(t) \int_Q \psi(x) \cdot \tilde{u}_i^2(x) dx = q_i(t).$$

Обозначим $\xi_i = \int_Q \psi(x) \cdot \tilde{u}_i^2(x) dx$ и, сокращая на ξ_i , получим:

$$C_i'(t) - \lambda_i \cdot d^2 \cdot C_i(t) = \frac{q_i(t)}{\xi_i} d^2. \quad (2.45)$$

Уравнение (2.45) — линейное дифференциальное, и его решение имеет вид:

$$C_i(t) = C_{0i} \cdot \eta_i(t - t_0) + \frac{d^2}{\xi_i} \int_{t_0}^t \eta_i(t - \tau) q_i(\tau) d\tau, \quad (2.46)$$

где: $\eta_i(u)$ — весовая функция уравнения (2.46), $\eta_i(u) = e^{\lambda_i d^2 u}$, $i = 1, 2, \dots$.

Неизвестные константы находим из начального условия $u(x, t)|_{t=t_0} = \varphi(x)$, $x \in Q$. Согласно (2.42) и (2.46) имеем:

$$u(x, t_0) = \sum_{k=1}^{\infty} C_k(t_0) \cdot \tilde{u}_k(x) = \sum_{k=1}^{\infty} C_{0k} \cdot \tilde{u}_k(x) = \varphi(x). \quad (2.47)$$

Умножив обе части уравнения (2.47) на функцию $\psi(x) \cdot \tilde{u}_i(x)$ и проинтегрировав по области Q , получим:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^{\infty} \int_Q \tilde{u}_i(x) \cdot \psi(x) C_{0k}(t_0) \cdot \tilde{u}_k(x) dx = C_{0i} \cdot \int_Q \psi(x) \cdot \tilde{u}_i^2(x) dx = \\ = \int_Q \varphi(x) \cdot \psi(x) \cdot \tilde{u}_i(x) dx. \end{aligned}$$

Учитывая (2.44), получим:

$$C_{0i} = \frac{\int \varphi(x) \cdot \psi(x) \cdot \tilde{u}_i(x) dx}{\xi_i} \quad (2.48)$$

Таким образом, формулы (2.42), (2.46), (2.48) определяют решение задачи.

Применим рассмотренную теорию для анализа тепловых процессов, протекающих в пакетах тканей мужского пиджака при прессовании.

В данном случае область Q представляет собой параллелепипед, изображенный на рисунке 2.2.

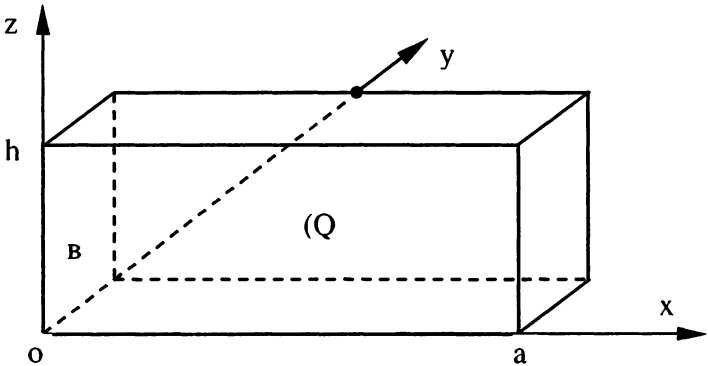


Рисунок 2.2. — Участок изделия, ограниченный областью Q

Использованный выше метод Фурье приводит к нахождению собственных функций оператора Лапласа. Граница области Q состоит из прямоугольников:

$$\Pi_{z,1} = \{z = 0; 0 \leq x \leq a; 0 \leq y \leq b\}; \quad (2.49)$$

$$\Pi_{z,2} = \{z = h; 0 \leq x \leq a; 0 \leq y \leq b\};$$

$$\Pi_{y,1} = \{y = 0; 0 \leq x \leq a; 0 \leq z \leq h\}; \quad (2.50)$$

$$\Pi_{y,2} = \{y = b; 0 \leq x \leq a; 0 \leq z \leq h\};$$

$$\Pi_{x,1} = \{x = 0; 0 \leq y \leq b; 0 \leq z \leq h\};$$

$$\Pi_{x,2} = \{x = a; 0 \leq y \leq b; 0 \leq z \leq h\}. \quad (2.51)$$

В данном случае граничные условия (2.40) принимают вид:

$$u|_{\Pi_{z,1}} = T_1; \quad u|_{\Pi_{z,2}} = T_2; \quad (2.52)$$

$$\left(-k \frac{\partial u}{\partial y} + k_1 u\right)|_{\Pi_{y,1}} = k_1 u_0|_{\Pi_{y,1}}; \quad \left(k \frac{\partial u}{\partial y} + k_1 u\right)|_{\Pi_{y,2}} = k_1 u_0|_{\Pi_{y,2}}; \quad (2.53)$$

$$\left(-k \frac{\partial u}{\partial x} + k_1 u\right)_{\Gamma_{1,1}} = k_1 u_0|_{\Gamma_{1,1}}; \left(k \frac{\partial u}{\partial x} + k_1 u\right)_{\Gamma_{1,2}} = k_1 u_0|_{\Gamma_{1,2}}. \quad (2.54)$$

Таким образом, имеем следующую задачу: найти решение дифференциального уравнения в частных производных, удовлетворяющее граничным условиям (2.52–2.54):

$$\frac{1}{d^2} \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}. \quad (2.55)$$

Для определения однородных граничных условий в (2.53, 2.54) введем функцию $\bar{u}(x, y, z, t) = u(x, y, z, t) - u_0$. В данном случае функция $\bar{u}(x, y, z, t)$ удовлетворяет уравнению (2.39). При $u(x, y, z, t) = \bar{u}(x, y, z, t) + u_0$ из (2.53, 2.54) получим:

$$\left. \begin{aligned} \left(-k \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + k_1 \bar{u} + k_1 u_0\right)_{\Gamma_{y,1}} = k_1 u_0|_{\Gamma_{y,1}} &\Rightarrow \left(-k \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + k_1 \bar{u}\right)_{\Gamma_{y,1}} = 0 \\ \left(k \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + k_1 \bar{u} + k_1 u_0\right)_{\Gamma_{y,2}} = k_1 u_0|_{\Gamma_{y,2}} &\Rightarrow \left(k \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + k_1 \bar{u}\right)_{\Gamma_{y,2}} = 0 \end{aligned} \right\} (2.56)$$

$$\left. \begin{aligned} \left(-k \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + k_1 \bar{u} + k_1 u_0\right)_{\Gamma_{x,1}} = k_1 u_0|_{\Gamma_{x,1}} &\Rightarrow \left(-k \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + k_1 \bar{u}\right)_{\Gamma_{x,1}} = 0 \\ \left(k \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + k_1 \bar{u} + k_1 u_0\right)_{\Gamma_{x,2}} = k_1 u_0|_{\Gamma_{x,2}} &\Rightarrow \left(k \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + k_1 \bar{u}\right)_{\Gamma_{x,2}} = 0 \end{aligned} \right\} (2.57)$$

При этом граничное условие (2.52) изменяется следующим образом:

$$\bar{u}|_{\Gamma_{z,1}} = T_1 - u_0 = \tilde{T}_1; \quad \bar{u}|_{\Gamma_{z,2}} = T_2 - u_0 = \tilde{T}_2. \quad (2.58)$$

Получив новую граничную задачу, находим решение дифференциального уравнения в частных производных (2.55), удовлетворяющее граничным условиям (2.56–2.58).

Рассмотрим вначале случай, когда участок изделия имеет небольшую толщину, при этом теплообменом с окружающей средой можно пренебречь. Тогда в формулах (2.56, 2.57) $k_f = 0$. При этом граничные условия (2.56, 2.57) выглядят следующим образом:

$$\left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y}\right)_{\Gamma_{y,1}} = 0; \quad \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y}\right)_{\Gamma_{y,2}} = 0, \quad (2.59)$$

$$\left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial x}\right)_{\Gamma_{x,1}} = 0; \quad \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial x}\right)_{\Gamma_{x,2}} = 0. \quad (2.60)$$

Введем линейную функцию $f(z) = \frac{h-z}{h} \cdot \tilde{T}_1 + \frac{z}{h} \cdot \tilde{T}_2$, где:
 $f(0) = \tilde{T}_1$; $f(h) = \tilde{T}_2$. Так как $\frac{\partial f}{\partial y} = 0$; $\frac{\partial f}{\partial x} = 0$; $\frac{\partial^2 f}{\partial z^2} = 0$, то функция $v(x, y, z, t) = \bar{u}(x, y, z, t) - f(z)$ удовлетворяет уравнению (2.55), однородным граничным условиям:

$$\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)_{|_{\Pi_{y_1}}} = 0; \quad \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)_{|_{\Pi_{y_2}}} = 0, \quad (2.61)$$

$$\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)_{|_{\Pi_{x_1}}} = 0; \quad \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)_{|_{\Pi_{x_2}}} = 0 \quad (2.62)$$

и однородным граничным условиям:

$$v_{|_{\Pi_{z_1}}} = 0; \quad v_{|_{\Pi_{z_2}}} = 0. \quad (2.63)$$

Таким образом, получаем граничную задачу с однородными граничными условиями (2.61–2.63) и начальным условием:

$$v(x, y, z, 0) = 0. \quad (2.64)$$

После этого задача (2.41) нахождения собственных функций оператора Лапласа для рассматриваемой граничной задачи имеет вид ($x_1 = x$; $x_2 = y$; $x_3 = z$).

Для нахождения функции $\tilde{u} = (x, y, z)$ и числа λ , удовлетворяющих уравнению

$$\Delta u = \frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial z^2} = \lambda \cdot \tilde{u} \quad (2.65)$$

и граничным условиям (2.61–2.63) при $u_1 = \tilde{u}$, решение задачи (2.61–2.63, 2.65) производится уравнением:

$$\tilde{u}(x, y, z) = u_1(x) \cdot u_2(y) \cdot u_3(z). \quad (2.66)$$

Подставляя (2.56) в (2.65), получим:

$$u_1''(x) \cdot u_2(y) \cdot u_3(z) + u_1(x) \cdot u_2''(y) \cdot u_3(z) + u_1(x) \cdot u_2(y) \cdot u_3''(z) = \lambda \cdot u_1(x) \cdot u_2(y) \cdot u_3(z).$$

Разделив обе части уравнения на функцию $\tilde{u}(x, y, z) = u_1(x) \cdot u_2(y) \cdot u_3(z) \neq 0$, получим:

$$\frac{u_1''(x)}{u_1(x)} + \frac{u_2''(y)}{u_2(y)} + \frac{u_3''(z)}{u_3(z)} = \lambda.$$

Отсюда следует, что граничная задача разбивается на три отдельные граничные задачи:

$$u_1''(x) = \lambda_1 \cdot u_1(x); \frac{du_1}{dx}(0) = 0; \frac{du_1}{dx}(a) = 0, \quad (2.67)$$

$$u_2''(y) = \lambda_2 \cdot u_2(y); \frac{du_2}{dx}(0) = 0; \frac{du_2}{dx}(b) = 0, \quad (2.68)$$

$$u_3''(z) = \lambda_3 \cdot u_3(z); u_3(0) = 0; u_3(h) = 0, \quad (2.69)$$

причем $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$.

Решая вначале граничную задачу (2.67), получим:

$$u_1''(x) - \lambda_1 \cdot u_1(x) = 0.$$

При этом характеристическое уравнение имеет вид:

$$k^2 - \lambda_1 = 0, (\lambda_1 > 0); k_1 = \sqrt{\lambda_1}; k_2 = -\sqrt{\lambda_1}.$$

Частное решение:

$$u_1 = e^{\sqrt{\lambda_1} x}; u_2 = e^{-\sqrt{\lambda_1} x}.$$

Общее решение:

$$u_1(x) = C_1 \cdot e^{\sqrt{\lambda_1} x} + C_2 \cdot e^{-\sqrt{\lambda_1} x}.$$

Далее из (2.67) получим:

$$u_1'(0) = 0 \Rightarrow C_2 \cdot \omega = 0 \Rightarrow C_2 = 0 \quad (2.70)$$

$$u_1'(a) = 0 \Rightarrow C_1 \cdot \sin(\omega \cdot a) = 0 \Rightarrow \omega \cdot a = \pi \cdot p \Rightarrow \omega_p = \frac{\pi \cdot p}{a};$$

$$p = 0, 1, 2, \dots \quad (2.71)$$

Собственные значения задачи (2.67) определяются уравнением:

$$\lambda_{1p} = -\omega_p^2 = -\frac{\pi^2 \cdot p^2}{a^2}; \quad p = 0, 1, 2, \dots \quad (2.72)$$

Уравнение (2.72) определяет собственные значения задачи (2.67). Из (2.70) следует, что собственные функции задачи (2.67) определяются уравнением:

$$u_{1p}(x) = \cos(\omega_p \cdot x) = \cos \frac{\pi \cdot p}{a} x; \quad p = 0, 1, 2, \dots \quad (2.73)$$

Повторяя предыдущие рассуждения, для задачи (2.68) получим уравнения для собственных значений (2.68):

$$\omega_l = \frac{\pi \cdot l}{b}; \quad l = 0, 1, 2, \dots \quad (2.74)$$

и собственные функции задачи (2.68):

$$u_{2l}(y) = \cos(\omega_l \cdot y) = \cos \frac{\pi \cdot l}{b} y; \quad l = 0, 1, 2, \dots \quad (2.75)$$

Рассматривая задачу (2.69), имеем:

$$u_3''(z) - \lambda_3 \cdot u_3(z) = 0; \quad \omega^2 = -\lambda_3; \quad u_3(z) + \omega^2 \cdot u_3(z) = 0 \\ u_3(z) = C_1 \cdot \cos(\omega \cdot z) + C_2 \sin(\omega \cdot z).$$

Далее из (2.69) получим:

$$u_3(0) = 0 \Rightarrow C_1 = 0; \quad u_3(h) = 0 \Rightarrow C_2 \cdot \sin(\omega \cdot h) = 0 \Rightarrow \omega \cdot h = \\ = \pi \cdot n \Rightarrow \omega_n = \frac{\pi \cdot n}{h}; \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Следовательно, собственные значения задачи (2.69) определяются уравнением

$$\lambda_{3n} = -\omega_n^2 = -\frac{\pi^2 \cdot n^2}{h^2}; \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad (2.76)$$

а собственные функции — уравнением

$$u_{3n}(z) = \sin \frac{\pi \cdot n}{h} z; \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (2.77)$$

Таким образом, собственные функции задачи (2.61–2.63, 2.65) согласно (2.66) имеют вид:

$$\tilde{u}_{p,l,n}(x, y, z) = u_{1p}(x) \cdot u_{2l}(y) \cdot u_{3n}(z); \quad p, l, n = 1, 2, \dots, \quad (2.78)$$

где функции $u_{1p}(x)$, $u_{2l}(y)$, $u_{3n}(z)$ определяются соответственно уравнениями (2.73, 2.75, 2.77).

Собственные значения определяются уравнением

$$\lambda_{p,l,n} = \lambda_{1p} + \lambda_{2l} + \lambda_{3n}, \quad (2.79)$$

где числа λ_{1p} , λ_{2l} , λ_{3n} являются собственными значениями соответственно задач (2.67, 2.68, 2.69).

Далее согласно (2.42) решаем задачи в виде:

$$v(x, y, z, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} \sum_{p=1}^{\infty} C_{p,l,n}(t) \cdot \tilde{u}_{p,l,n}(x, y, z). \quad (2.80)$$

Из уравнений (2.45, 2.46) имеем:

$$\begin{aligned} C'_{p,l,n}(t) - \lambda_{p,l,n} \cdot d^2 \cdot C_{p,l,n}(t) &= 0, \\ C_{p,l,n}(t) &= C_{0p,l,n}(t) \cdot \eta_{p,l,n}(t - t_0). \end{aligned} \quad (2.81)$$

Поскольку в данном случае функция $\varphi(x) = 0$, то из (2.48) следует, что $C_{0p,l,n} = 0$ для любых $p, l, n = 0, 1, 2, \dots$.

Из (2.81) следует, что $C_{p,l,n} = 0$ для любых $p, l, n = 0, 1, 2, \dots$, и тогда из (2.80) получим:

$$v(x, y, z, t) = 0.$$

Учитывая, что $v(x, y, z, t) = \bar{u}(x, y, z, t) - f(z) = u(x, y, z, t) - u_0 - f(z)$, получим:

$$\begin{aligned} u(x, y, z, t) &= u_0 + f(z) = u_0 + \frac{h-z}{h} \cdot (T_1 - u_0) + \frac{z}{h} \cdot (T_2 - u_0) = \\ &= T_1 + \frac{z}{h} \cdot (T_2 - T_1). \end{aligned} \quad (2.82)$$

Формула (2.82) говорит о том, что в рассматриваемом случае температура зависит только от координаты z и распределена по линейному закону.

Рассмотрим далее случай, когда участок изделия имеет достаточно большую толщину, при которой теплообменом с внешней средой нельзя пренебречь.

В этом случае в формулах (2.56, 2.57) нельзя положить $k_1 = 0$, а рассматриваемую задачу теплообмена невозможно свести к задаче с однородными граничными условиями, что не позволяет при использовании метода Фурье разделить задачу нахождения собственных функций на три более простые одномерные задачи, как происходило в рассмотренном выше случае.

В условиях теплообмена применим метод функции Грина, который позволяет разделить задачу нахождения собственных функций на три более простые одномерные задачи. Введем снова функцию $\bar{u}(x, y, z, t) = u(x, y, z, t) - u_0$, тогда для этой функции справедливы уравнение (2.55) и граничные условия (2.56–2.58). Найдем функцию Грина рассматриваемой краевой задачи. Функция Грина $G(x, y, z, t, x_1, y_1, z_1, t_1)$ определяется как решение следующей краевой задачи нахождения функции $G(x, y, z, t, x_1, y_1, z_1, t_1)$, удовлетворяющей уравнению:

$$\begin{aligned} \frac{1}{d^2} \frac{\partial G}{\partial t} - \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 G}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 G}{\partial z^2} &= \delta(x - x_1) \cdot \delta(y - y_1) \cdot \delta(z - z_1) \cdot \\ &\delta(t - t_1) \end{aligned} \quad (2.83)$$

и однородным граничным условиям:

$$\left(-k \frac{\partial G}{\partial y} + k_1 G\right) \Big|_{n_{v1}} = 0; \quad \left(k \frac{\partial G}{\partial y} + k_1 G\right) \Big|_{m_2} = 0 \quad (2.84)$$

$$\left(-k \frac{\partial G}{\partial x} + k_1 G\right) \Big|_{u_{x1}} = 0; \quad \left(k \frac{\partial G}{\partial x} + k_1 G\right) \Big|_{m_2} = 0 \quad (2.85)$$

$$G \Big|_{u_{z1}} = 0; \quad G \Big|_{n_{z2}} = 0, \quad (2.86)$$

где: $\delta(x-x_1)$; $\delta(y-y_1)$; $\delta(z-z_1)$; $\delta(t-t_1)$; δ — функции по переменным x, y, z, t , а точки $M(x, y, z)$ и $M_1(x_1, y_1, z_1)$ принадлежат рассматриваемой области Q .

Эти функции определяются следующим образом:

$$\delta(x-x_1) = \begin{cases} 0, & x \neq x_1 \\ +\infty, & x = x_1 \end{cases} \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(x-x_1) dx = 1;$$

$$\delta(y-y_1) = \begin{cases} 0, & y \neq y_1 \\ +\infty, & y = y_1 \end{cases} \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(y-y_1) dy = 1;$$

$$\delta(z-z_1) = \begin{cases} 0, & z \neq z_1 \\ +\infty, & z = z_1 \end{cases} \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(z-z_1) dz = 1;$$

$$\delta(t-t_1) = \begin{cases} 0, & t \neq t_1 \\ +\infty, & t = t_1 \end{cases} \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t-t_1) dt = 1.$$

В данном случае решение уравнения (2.83) следует понимать в обобщенном смысле, а граничная задача (2.83–2.86) решается методом Фурье. Тогда задача (2.41) нахождения собственных функций оператора Лапласа для рассматриваемой граничной задачи выглядит так: $x_1=x$; $x_2=y$; $x_3=z$, а определение функции $\tilde{G}(x, y, z)$ и числа λ удовлетворяет уравнению

$$\Delta \tilde{G} = \frac{\partial^2 \tilde{G}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \tilde{G}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \tilde{G}}{\partial z^2} = \lambda \cdot \tilde{G} \quad (2.87)$$

и граничным условиям (2.84–2.86) при $G = \tilde{G}$.

При этом решение задачи (2.84–2.87) будет в виде:

$$\tilde{G}(x, y, z) = G_1(x) \cdot G_2(y) \cdot G_3(z). \quad (2.88)$$

Затем граничную задачу (2.84–2.87) разбиваем на три отдельные граничные задачи:

$$\begin{aligned} G_1''(x) &= \lambda_1 \cdot G_1(x); \quad -k \frac{dG_1}{dx}(0) + k_1 G_1(0) = 0; \\ k \frac{dG_1}{dx}(a) + k_1 G_1(a) &= 0; \end{aligned} \quad (2.89)$$

$$G_2''(y) = \lambda_2 \cdot G_2(y); \quad -k \frac{dG_2}{dx}(0) + k_1 G_2(0) = 0; \quad (2.90)$$

$$k \frac{dG_2}{dx}(b) + k_1 G_2(b) = 0;$$

$$G_3''(z) = \lambda_3 \cdot G_3(z); \quad G_3(0) = 0; \quad G_3(h) = 0, \quad (2.91)$$

причем $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$.

Решая граничную задачу (2.89), получим:

$$G_1''(x) - \lambda_1 \cdot G_1(x) = 0; \quad G_1''(x) + \omega^2 \cdot G_1(x) = 0.$$

При этом характеристическое уравнение имеет вид:

$$k^2 - \lambda_1 = 0, \text{ а его корни } k_1 = \sqrt{\lambda_1} \text{ и } k_2 = -\sqrt{\lambda_1}.$$

Общее решение:

$$G_1(x) = C_1 \cdot \cos(\omega \cdot x) + C_2 \sin(\omega \cdot x),$$

где $\omega = \sqrt{\lambda_1}$.

Далее из (2.89) получим:

$$-kG_1'(0) + k_1 G_1(0) = 0 \Rightarrow C_1 \cdot k_1 - C_2 \cdot \omega \cdot k = 0 \quad (2.92)$$

$$kG_1'(a) + k_1 G_1(a) = 0 \Rightarrow k \cdot \omega \cdot (-C_1 \cdot \sin(\omega \cdot a) + C_2 \cdot \cos(\omega \cdot a)) +$$

$$k_1 \cdot (C_1 \cdot \cos(\omega \cdot a) + C_2 \cdot \sin(\omega \cdot a)) = 0 \Rightarrow C_1 \cdot (k_1 \cos(\omega \cdot a) -$$

$$k \cdot \omega \sin(\omega \cdot a)) + C_2 \cdot (k_1 \sin(\omega \cdot a) + k \cdot \omega \cos(\omega \cdot a)) = 0. \quad (2.93)$$

Матрица системы (2.92–2.93) имеет вид:

$$A = \begin{pmatrix} k_1 & -\omega \cdot k \\ k_1 \cos(\omega \cdot a) - k \cdot \omega \sin(\omega \cdot a) & k_1 \sin(\omega \cdot a) + k \cdot \omega \cos(\omega \cdot a) \end{pmatrix}. \quad (2.94)$$

Чтобы система (2.92, 2.93) имела ненулевые решения, должно выполняться равенство $\det(A) = 0$.

Из (2.94) имеем:

$$\det(A) = k_1 (k_1 \sin(\omega \cdot a) + k \cdot \omega \cos(\omega \cdot a)) + \omega \cdot k (k_1 \cos(\omega \cdot a) -$$

$$k \cdot \omega \sin(\omega \cdot a)) = 0 \Rightarrow 2 \cos(\omega \cdot a) \cdot \omega \cdot k_1 \cdot k - \sin(\omega \cdot a) (\omega^2 k^2 - k_1^2) = 0$$

$$\Rightarrow \operatorname{tg}(\omega \cdot a) = \frac{2\omega \cdot k_1 \cdot k}{\omega^2 k^2 - k_1^2}. \quad (2.95)$$

Решая уравнения (2.95), определяем собственные значения задачи (2.89):

$$\omega_{11}, \omega_{21}, \dots, \omega_{n1}, \dots \Rightarrow \lambda_{1p} = -\omega_{1p}^2; \quad p = 1, 2, \dots$$

С учетом $C_1 = \frac{C_2 \cdot \omega \cdot k}{k_1}$ из (2.56) имеем:

$$G_{1p}(x) = \frac{\omega_{p1} \cdot k}{k_1} \cos(\omega_{p1} \cdot x) + \sin(\omega_{p1} \cdot x); p = 1, 2, \dots \quad (2.96)$$

Уравнение (2.96) определяет собственные функции задачи (2.89).

Повторяя предыдущие рассуждения для задачи (2.90), получим уравнение для ее собственных значений:

$$\operatorname{tg}(\omega \cdot b) = \frac{2\omega \cdot k_1 \cdot k}{\omega^2 k^2 - k_1^2} \quad (2.97)$$

Решения уравнения (2.97) определяют собственные значения задачи (2.90):

$$\omega_{12}, \omega_{22}, \dots, \omega_{n2} \Rightarrow \lambda_{2l} = -\omega_{12}^2; \quad l = 1, 2, 3, \dots$$

Собственные функции задачи (2.90) определяются уравнением

$$G_{2l}(y) = \frac{\omega_{12} \cdot k}{k_1} \cos(\omega_{12} \cdot y) + \sin(\omega_{12} \cdot y); l = 1, 2, \dots \quad (2.98)$$

Рассматривая задачу (2.91), имеем:

$$G_3''(z) - \lambda_3 \cdot G_3(z) = 0; \quad G_3''(z) + \omega^2 \cdot G_3(z) = 0 \\ G_3(z) = C_1 \cdot \cos(\omega \cdot z) + C_2 \sin(\omega \cdot z).$$

Далее из (2.91) получим:

$$G_3(0) = 0 \Rightarrow C_1 = 0; \quad G_3(h) = 0 \Rightarrow C_2 \cdot \sin(\omega \cdot h) = 0 \Rightarrow \omega \cdot h = \\ = \pi \cdot n \Rightarrow \omega_n = \frac{\pi \cdot n}{h}; \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Следовательно, собственные значения задачи (2.91) определяются уравнением

$$\omega_n^2 = \frac{\pi^2 \cdot n^2}{h^2}; \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad (2.99)$$

а собственные функции — уравнением

$$G_{3n}(z) = \sin \frac{\pi \cdot n}{h} z; \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (2.100)$$

Таким образом, собственные функции задачи (2.84–2.87) согласно (2.88) имеют вид:

$$\tilde{G}_{p, l, n}(x, y, z) = G_{1p}(x) \cdot G_{2l}(y) \cdot G_{3n}(z); \quad p, l, n = 1, 2, \dots, \quad (2.101)$$

где функции $u_{1p}(x) \cdot u_{2l}(y) \cdot u_{3n}(z)$ определяются соответственно уравнениями (2.96, 2.98, 2.100).

Собственные значения определяются уравнением

$$\lambda_{p,l,n} = \lambda_{1p} + \lambda_{2l} + \lambda_{3n}, \quad (2.102)$$

где числа λ_{1p} , λ_{2l} , λ_{3n} являются собственными значениями соответственно задач (2.89–2.91).

Далее согласно (2.42) решаем задачу в виде:

$$G(x, y, z, t, x_1, y_1, z_1, t_1) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} \sum_{p=1}^{\infty} C_{p,l,n}(t) \cdot \tilde{G}_{p,l,n}(x, y, z). \quad (2.103)$$

Из уравнений (2.45, 2.46) имеем:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{d^2} \cdot C'_{p,l,n}(t) \int_Q \tilde{G}_{p,l,n}^2(x, y, z) dx dy dz - \lambda \cdot C_{p,l,n}(t) \int_Q \tilde{G}_{p,l,n}^2(x, y, z) dx dy dz = \\ & = \frac{1}{c\rho} \int_Q \delta(x-x_1) \cdot \delta(y-y_1) \cdot \delta(z-z_1) \cdot \tilde{G}_{p,l,n}(x, y, z) \delta(t-t_1) dx dy dz = \\ & = \frac{1}{c\rho} \tilde{G}_{p,l,n}(x_1, y_1, z_1) \delta(t-t_1) = q_{p,l,n}(x_1, y_1, z_1, t, t_1). \end{aligned}$$

Приняв $\xi_{p,l,n} = \int_Q \tilde{G}_{p,l,n}^2(x, y, z) dx dy dz$ и сокращая на $\xi_{p,l,n}$, получим:

$$\begin{aligned} & C'_{p,l,n}(t) - \lambda_{p,l,n} \cdot d^2 \cdot C_{p,l,n}(t) \int_Q \tilde{G}_{p,l,n}^2(x, y, z) dx dy dz = \\ & = \frac{q_{p,l,n}(x_1, y_1, z_1, t, t_1)}{\xi_{p,l,n}} \cdot d^2. \end{aligned} \quad (2.104)$$

Уравнение (2.104) решается следующим образом:

$$\begin{aligned} C_{p,l,n}(t) &= C_{0p,l,n} \cdot \eta_{p,l,n}(t-t_0) + \frac{d^2}{\xi_{p,l,n}} \int_{t_0}^t \eta_{p,l,n}(t-\tau) q_{p,l,n}(x_1, y_1, z_1, \tau, t_1) d\tau = \\ &= C_{0p,l,n} \cdot \eta_{p,l,n}(t-t_0) + \frac{d^2}{\xi_{p,l,n}} \int_{t_0}^t \eta_{p,l,n}(t-\tau) \frac{1}{c\rho} \tilde{G}_{p,l,n}(x_1, y_1, z_1) \delta(\tau-t_1) d\tau = \\ &= C_{0p,l,n} \cdot \eta_{p,l,n}(t-t_0) + \frac{d^2}{c\rho \xi_{p,l,n}} \int_{t_0}^t \eta_{p,l,n}(t-\tau) \tilde{G}_{p,l,n}(x_1, y_1, z_1) \delta(\tau-t_1) d\tau = \\ &= C_{0p,l,n} \cdot \eta_{p,l,n}(t-t_0) + \frac{d^2}{c\rho \xi_{p,l,n}} \cdot \eta_{p,l,n}(t-t_1) \tilde{G}_{p,l,n}(x_1, y_1, z_1), \end{aligned}$$

где $\eta_{p,l,n}(u)$ — весовая функция уравнения (2.46), $\eta_{p,l,n}(u) = e^{\lambda_{p,l,n} \cdot d^2 u}$, $p, l, n = 1, 2, \dots$.

Так как начальное условие определяется уравнением $\varphi(x, y, z) = 0$, то из (2.48) следует, что $C_{0p,l,n} = 0$.

Тогда получим:

$$C_{p,l,n}(t) = \frac{d^2}{c\rho\xi_{p,l,n}} \cdot \eta_{p,l,n}(t-t_1) \tilde{G}_{p,l,n}(x_1, y_1, z_1). \quad (2.105)$$

Формулы (2.96–2.103, 2.105) полностью определяют функцию Грина рассматриваемой задачи, а решение краевой задачи определяется формулой

$$\begin{aligned} u(x, y, z, t) = & u_0 + \int_Q G(x, y, z, x_1, y_1, z_1, t, 0) \varphi(x_1, y_1, z_1) dx_1 dy_1 dz_1 + \\ & + \tilde{T}_1 \int_0^t d\tau \int_{\Pi_1} \frac{\partial G(x, y, z, x_1, y_1, 0, t, \tau)}{\partial z} dx_1 dy_1 + \\ & + \tilde{T}_2 \int_0^t d\tau \int_{\Pi_2} \frac{\partial G(x, y, z, x_1, y_1, 0, t, \tau)}{\partial z} dx_1 dy_1, \end{aligned} \quad (2.106)$$

где $\varphi(x, y, z) = \frac{h-z}{h} \cdot \tilde{T}_1 + \frac{z}{h} \cdot \tilde{T}_2$.

Математическая модель теплофизических процессов при прессовании описывается трехмерным уравнением теплопроводности с граничными условиями, учитывающими постоянство температуры на поверхности материала, соприкасающегося с подушками, а на остальной поверхности материала учитывается теплообмен с внешней средой. Для решения получаемой граничной задачи для пакета тканей изделия формы параллелепипеда рассмотрены два случая, когда:

- 1) теплообмен с внешней средой считается незначительным, поэтому им пренебрегаем;
- 2) теплообмен с внешней средой учитывается.

Для первого случая граничная задача решается методом Фурье. Решение граничной задачи в данном случае описывается бесконечным трехмерным рядом.

Для второго случая используется метод функций Грина. Для нахождения функции Грина используется метод Фурье. При этом функция Грина описывается бесконечным трехмерным рядом. Решение граничной задачи получается при помощи интегральных соотношений, использующих функцию Грина.

Данная модель позволяет оптимизировать теплофизические параметры при прессовании изделия, а их расчет осуществляется на ПК согласно разработанным алгоритмам (рисунки 2.3 и 2.4).

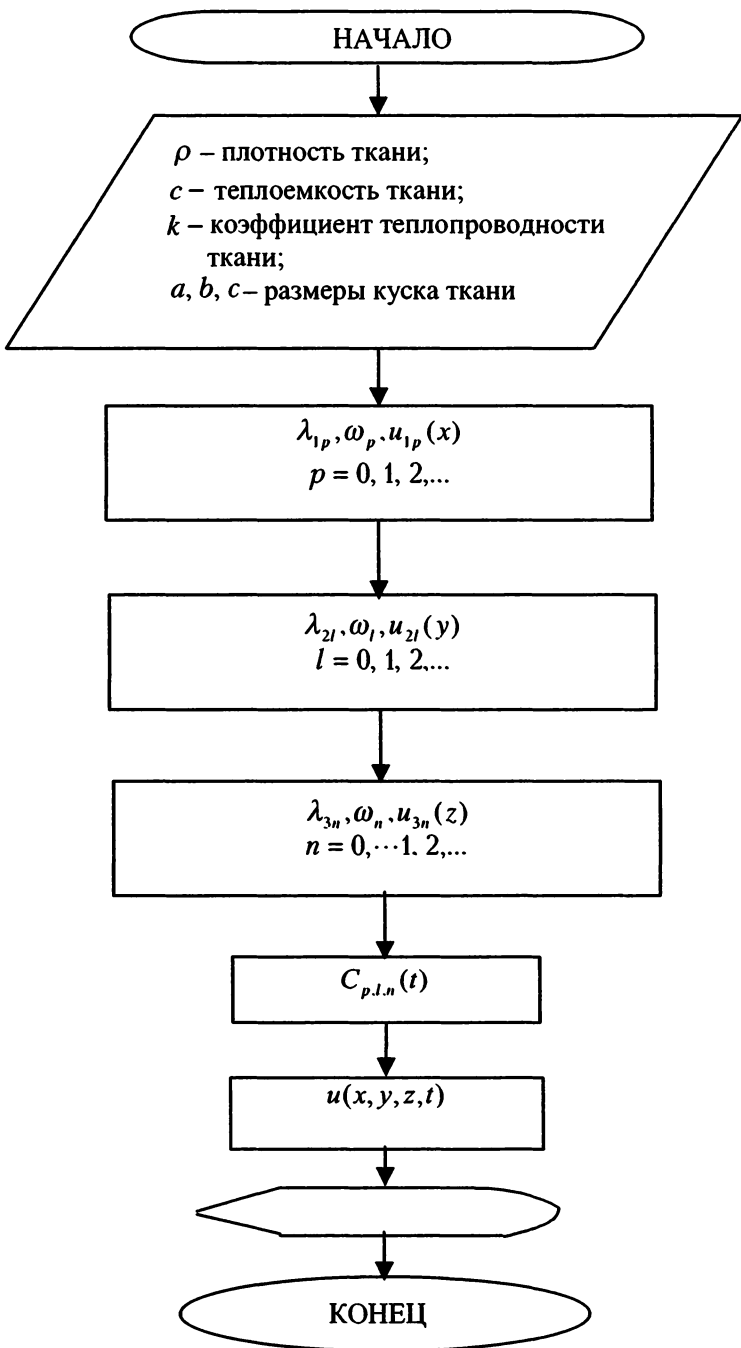


Рисунок 2.3 — Алгоритм расчета тепловых параметров теплофизических процессов при прессовании участков изделия без учета теплообмена с внешней средой

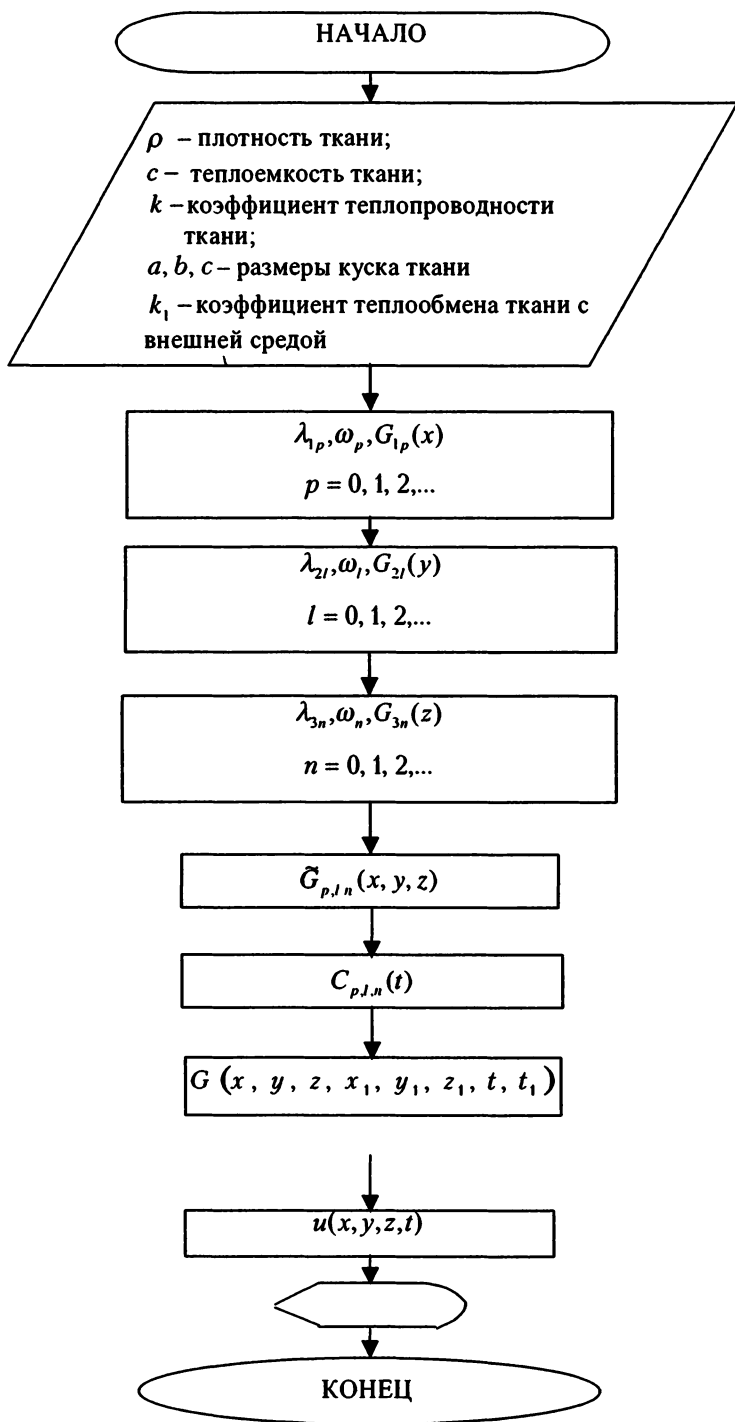


Рисунок 2.4 — Алгоритм расчета тепловых параметров теплофизических процессов при прессовании участков изделия с учетом теплообмена с внешней средой

2.3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ИЗДЕЛИЕ

Для описания теплофизических процессов при динамическом воздействии (виброформовании) на изделие [20, 21] рассматриваем область Q , являющуюся параллелепипедом, приведенным на рисунке 2.2.

Представим, что участок ткани находится в трехмерной области Q , $x=(x_1, x_2, x_3)$ и имеет плотность $\rho(x)$, теплоемкость $c(x)$, коэффициент теплопроводности $k(x)$. Тогда уравнение теплового баланса в Q_1 имеет вид:

$$\int_{t_1}^{t_2} dt \int_{Q_1} q(x, t) dx - \int_{t_1}^{t_2} dt \int_{\partial Q_1} k(x) \frac{\partial u}{\partial n} dS = \int_{Q_1} c(x) \rho(x) (u(x, t_2) - u(x, t_1)) dx, \quad (2.107)$$

где: Q_1 — некоторая подобласть Q , ∂Q_1 — граница области Q_1 ; $u(x, t)$ — температура в точке $x \in Q$ в момент времени t ; n — внешняя нормаль к ∂Q_1 ,

$-\int_{t_1}^{t_2} dt \int_{\partial Q_1} k(x) \frac{\partial u}{\partial n} dS$ — количество тепла, проходящее через границу ∂Q_1 в область Q за промежуток времени (t_1, t_2) , $t_0 \leq t_1 < t_2$.

Если в области Q имеются тепловые источники с известной плотностью $q(x, t)$, то приращение количества тепла в Q_1 за промежуток времени (t_1, t_2) , $t_0 \leq t_1 < t_2$ равно:

$$\int_{t_1}^{t_2} dt \int_{Q_1} q(x, t) dx - \int_{t_1}^{t_2} dt \int_{\partial Q_1} k(x) \frac{\partial u}{\partial n} dS.$$

Используя формулу Остроградского, из уравнения (2.37) получим:

$$\int_{t_1}^{t_2} dt \int_{Q_1} [c(x) \rho(x) \frac{\partial u}{\partial t} - \operatorname{div}(k(x) \nabla u) - q(x, t)] dx = 0.$$

Данное соотношение приводит к дифференциальному уравнению в частных производных:

$$c(x) \rho(x) \frac{\partial u}{\partial t} = \operatorname{div}(k(x) \nabla u) + q(x, t). \quad (2.108)$$

Пусть температура среды вне области Q равна $u_0(x, t)$, а плотность теплового потока через границу ∂Q пропорциональна разности температур $u|_{\partial Q}$ и $u_0|_{\partial Q}$, тогда граничное условие для уравнения (2.38) имеет вид:

$$k \frac{\partial u}{\partial n} + k_1 u|_{\partial Q_1} = k_1 u_0|_{\partial Q_1}; \quad u|_{\partial Q_2} = T_1; \quad u|_{\partial Q_3} = T_2, \quad (2.109)$$

где: $k_1(x)$ — коэффициент теплообмена тела с окружающей средой;

$\partial Q_1, \partial Q_2, \partial Q_3$ — различные участки поверхности тела.

При этом, решая задачу (2.39) методом Фурье, определяем собственные функции оператора Лапласа:

$$\left. \begin{aligned} \Delta u &= \frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial^2 x_1^2} + \frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial^2 x_2^2} + \frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial^2 x_3^2} = \lambda \cdot \tilde{u} \\ k \frac{\partial \tilde{u}}{\partial n} + k_1 \tilde{u}|_{\partial Q_1} &= k_1 u_0|_{\partial Q_1}; \quad \tilde{u}|_{\partial Q_2} = T_1; \quad \tilde{u}|_{\partial Q_3} = T_2 \end{aligned} \right\} (2.110)$$

В рассматриваемом случае граница области Q состоит из прямоугольников:

$$\begin{aligned} \Pi_{z_1} &= \{z = 0; 0 \leq x \leq a; 0 \leq y \leq b\}, \\ \Pi_{z_2} &= \{z = h; 0 \leq x \leq a; 0 \leq y \leq b\}, \end{aligned} \quad (2.111)$$

$$\Pi_{y_1} = \{y = 0; 0 \leq x \leq a; 0 \leq z \leq h\};$$

$$\Pi_{y_2} = \{y = b; 0 \leq x \leq a; 0 \leq z \leq h\}; \quad (2.112)$$

$$\Pi_{x_1} = \{x = 0; 0 \leq y \leq b; 0 \leq z \leq h\};$$

$$\Pi_{x_2} = \{x = a; 0 \leq y \leq b; 0 \leq z \leq h\}. \quad (2.113)$$

Тогда граничные условия (2.39) принимают вид:

$$u|_{\Pi_{z_1}} = T_1; \quad \left(k \frac{\partial u}{\partial z} + k_1 u \right) \Big|_{\Pi_{z_2}} = k_1 u_0|_{\Pi_{z_2}}; \quad (2.114)$$

$$\left(-k \frac{\partial u}{\partial y} + k_1 u \right) \Big|_{\Pi_{y_1}} = k_1 u_0|_{\Pi_{y_1}}; \quad \left(k \frac{\partial u}{\partial y} + k_1 u \right) \Big|_{\Pi_{y_2}} = k_1 u_0|_{\Pi_{y_2}}; \quad (2.115)$$

$$\left(-k \frac{\partial u}{\partial x} + k_1 u \right) \Big|_{\Pi_{x_1}} = k_1 u_0|_{\Pi_{x_1}}; \quad \left(k \frac{\partial u}{\partial x} + k_1 u \right) \Big|_{\Pi_{x_2}} = k_1 u_0|_{\Pi_{x_2}}. \quad (2.116)$$

При определении собственных функций граничной задачи по координате z получим:

$$u_3''(z) - \lambda_3 \cdot u_3(z) = 0; u_3''(z) + \omega^2 \cdot u_3(z) = 0$$

$$u_3(z) = C_1 \cdot \cos(\omega \cdot z) + C_2 \sin(\omega \cdot z)$$

$$u_3(0) = 0 \Rightarrow C_1 = 0; k \cdot u_3'(h) + k_1 \cdot u_3(h) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow k \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot h) + k_1 \cdot \sin(\omega \cdot h) = 0 \Rightarrow \operatorname{tg}(\omega \cdot h) = -\frac{k \cdot \omega}{k_1}. \quad (2.117)$$

Решения уравнения (2.47) определяют собственные значения граничной задачи:

$$\omega_{13}, \omega_{23}, \dots, \omega_{n3}, \dots \Rightarrow \lambda_{3n} = -\omega_{n3}^2; \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (2.118)$$

Собственные функции описываются уравнением:

$$u_{3n}(z) = \sin(\omega_{3n} \cdot z); \quad n = 1, 2, \dots \quad (2.119)$$

При вычислении функции Грина учитываем, что:

$$G_{3n}(z) = \sin(\omega_{3n} \cdot z); \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Решение краевой задачи при виброформовании полочек и спинки мужского пиджака определяется по формуле:

$$u(x, y, z, t) = u_0 + \int_0^t G(x, y, z, x_1, y_1, z_1, t, 0) \varphi(x_1, y_1, z_1) dx_1 dy_1 dz_1 + \\ + \tilde{T}_1 \int_0^t d\tau \int_{l_1} \frac{\partial G(x, y, z, x_1, y_1, 0, t, \tau)}{\partial z} dx_1 dy_1, \quad (2.120)$$

$$\text{где } \varphi(x, y, z) = \frac{h-z}{h} \cdot \tilde{T}_1 + \frac{z}{h} \cdot \tilde{T}_2.$$

Представленная выше математическая модель теплофизических процессов при виброформовании полуфабриката позволяет оптимизировать соответствующие параметры, а расчет осуществляется на ПК согласно разработанному алгоритму (рисунок 2.5).

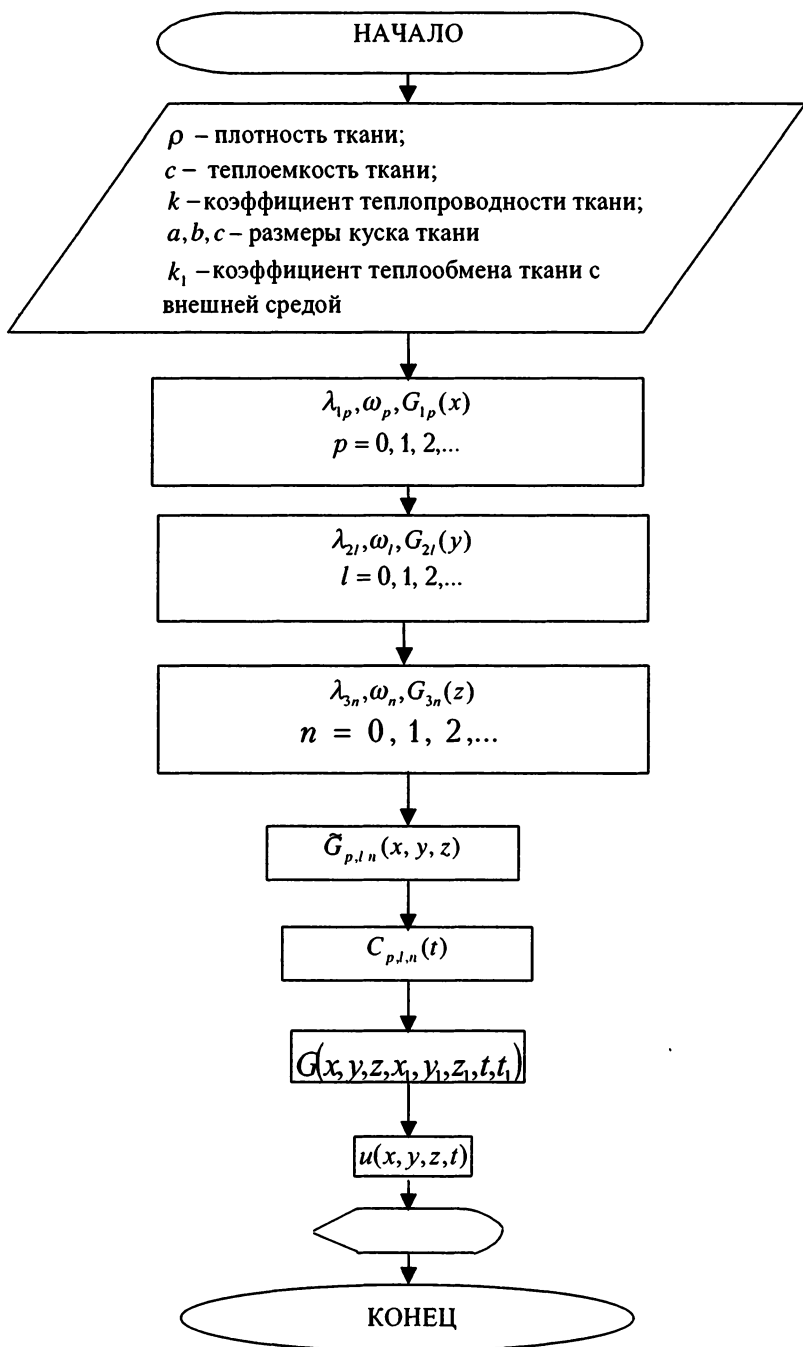


Рис. 2.5 — Алгоритм расчета тепловых параметров теплофизических процессов при виброформовании изделия

2.4. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СУШКЕ ИЗДЕЛИЯ НАГРЕТЫМ ВОЗДУХОМ

На этой стадии окончательной ВТО происходит нагревание волокон и испарение воды из них [12, 22].

Уравнения, определяющие данный процесс:

$$C_1(x)\rho_1(x) \frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div}(k(x)\operatorname{grad}T) + \alpha_{\text{нв}}(t, x)[T^{\text{нв}}(t, x) - T(t, x)] - \alpha_{\text{тв}}(T - 100^\circ\text{C}), \quad (2.121)$$

где: T — температура ткани,

$T^{\text{нв}}(t, x)$ — температура нагретого воздуха,

$\alpha_{\text{нв}}(t, x)$ — коэффициент теплопередачи от нагретого воздуха к ткани,

$\alpha_{\text{тв}}(t, x)$ — коэффициент теплопередачи от ткани к воде,

ρ_1 — плотность ткани.

Плотность воды определяется уравнением

$$\frac{\partial \rho_{\text{в}}}{\partial t} = \frac{\alpha_{2\text{нв}}(T^{\text{нв}} - 100^\circ\text{C}) + \alpha_{\text{тв}}(T - 100^\circ\text{C})}{K_1}, \quad (2.122)$$

где: $\alpha_{2\text{нв}}(t, x)$ — коэффициент теплопередачи от нагретого воздуха к воде,

$\alpha_{\text{тв}}$ — коэффициент теплопередачи от ткани к воде.

Уравнение неразрывности для нагретого воздуха

$$\frac{\partial \rho^{\text{нв}}}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho^{\text{нв}} \cdot \vartheta^{\text{нв}}) = 0, \quad (2.123)$$

где: $\rho^{\text{нв}}$, $\vartheta^{\text{нв}}$ — плотность и скорость нагретого воздуха,

$$\vartheta^{\text{нв}} = (\vartheta_1^{\text{нв}}, \vartheta_2^{\text{нв}}, \vartheta_3^{\text{нв}}).$$

Анализ изменения энергии нагретого воздуха приводит к уравнению, определяющему изменение его температуры:

$$\begin{aligned} \rho^{\text{нв}} \cdot C^{\text{нв}} \frac{\partial T^{\text{нв}}}{\partial t} &= \left(C^{\text{нв}} \cdot T^{\text{нв}} + \frac{\vartheta^{\text{нв}^2}}{2} \right) \rho^{\text{нв}} \cdot \operatorname{div} \vartheta^{\text{нв}} + \rho^{\text{нв}} \cdot \vartheta^{\text{нв}} \cdot \\ &\cdot (\vartheta^{\text{нв}} \cdot \nabla) \cdot \vartheta^{\text{нв}} + \left[C^{\text{нв}} \cdot T^{\text{нв}} + \frac{\vartheta^{\text{нв}^2}}{2} + \frac{RT^{\text{нв}}}{\mu^{\text{нв}}} \right] \cdot \vartheta^{\text{нв}} \cdot \operatorname{grad} \rho^{\text{нв}} + \\ &+ \frac{R \cdot \rho^{\text{нв}}}{\mu^{\text{нв}}} \cdot \vartheta^{\text{нв}} \cdot \operatorname{grad} T^{\text{нв}} - \alpha_{\text{нв}}(t, x)(T^{\text{нв}} - T) - \alpha_{2\text{нв}}(T^{\text{нв}} - 100^\circ\text{C}), \end{aligned} \quad (2.124)$$

где: $\mu^{\text{нв}}$ — молярная масса нагретого воздуха;

$C^{\text{нв}}$ — теплоемкость нагретого воздуха.

Скорость нагретого воздуха подчиняется уравнению Эйлера

$$\frac{\partial \vartheta^{HB}}{\partial t} + (\vartheta^{HB} \cdot \nabla) \cdot \vartheta^{HB} = - \frac{\text{grad} \rho^{HB}}{\rho^{HB}}, \text{ или, учитывая уравнение}$$

состояния $P^{HB} = \frac{R}{\mu^{HB}} \cdot \rho^{HB} \cdot T^{HB}$, получим:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \vartheta^{HB}}{\partial t} = & \left(\vartheta_1^{HB} \frac{\partial \vartheta^{HB}}{\partial x_1} + \vartheta_2^{HB} \frac{\partial \vartheta^{HB}}{\partial x_2} + \vartheta_3^{HB} \frac{\partial \vartheta^{HB}}{\partial x_3} \right) + \\ & + \frac{R}{\mu^{HB}} \cdot \text{grad} T^{HB} - \frac{R}{\mu^{HB}} \cdot \frac{T^{HB}}{\rho^{HB}} \text{grad} \rho^{HB}. \end{aligned} \quad (2.125)$$

Система квазилинейных уравнений в частных производных (2.121–2.125) определяет процесс нагрева ткани нагретым воздухом. Расчет уравнений осуществляется до момента времени t , при котором выполняется условие $\rho_e(t_o) \leq \rho_{min}$.

Начальное условие для уравнения (2.121):

$$T(t_{..}, x) = \hat{T}(t_{..}, x), \quad (2.126)$$

где $\hat{T}(t_{..}, x)$ — температура ткани в момент окончания процесса механического воздействия.

Граничные условия для уравнения (2.121):

$$\left. \begin{aligned} k(x) \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\partial Q_0} &= \alpha_{T_{во}} (T_c^\circ - T) \Big|_{\partial Q_0} \\ k(x) \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\partial Q_1} &= \alpha_{T_{вк}} (T_c^\circ - T) \Big|_{\partial Q_1} \end{aligned} \right\}, \quad (2.127)$$

где T_c — температура среды на соответствующей границе.

Для уравнения (2.122) начальное условие:

$$\rho_e(t_{..}, x) = \hat{\rho}_b(t_{..}, x), \quad (2.128)$$

где $\hat{\rho}_b(t_{..}, x)$ — плотность воды в ткани в момент окончания процесса механического воздействия.

Граничное условие для уравнения (2.123):

$$\rho^{HB}(t, x) \Big|_{\partial Q_0} = \rho_o^{HB}, \quad (2.129)$$

где ρ_o^{HB} — начальная плотность нагретого воздуха.

Граничное условие для уравнения (2.124):

$$T_0^{\text{нв}}(t, x)|_{\partial Q_0} = T_0^{\text{нв}}, \quad (2.130)$$

где $T_0^{\text{нв}}$ — начальная температура нагретого воздуха.

Граничное условие для уравнения (2.125):

$$\vartheta_0^{\text{нв}}(t, x)|_{\partial Q_0} = \vartheta_0^{\text{нв}}, \quad (2.131)$$

где $\vartheta_0^{\text{нв}}$ — начальная скорость нагретого воздуха.

При этом расчет параметров процесса сушки изделия осуществляется на ПК согласно разработанному алгоритму (рисунок 2.6).

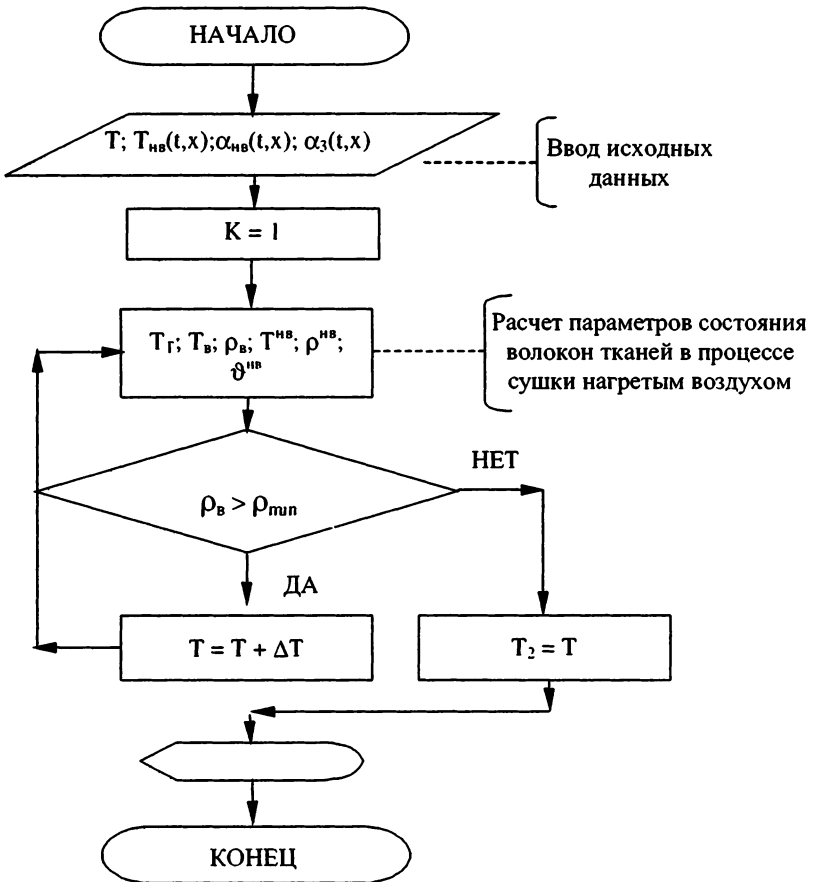


Рисунок 2.6 — Алгоритм расчета параметров процесса сушки изделия нагретым воздухом.
K — № процесса ВТО

2.5. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПЕРЕВОДЕ ВОЛОКОН ТКАНЕЙ В ЗАСТЕКЛОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ

На этой стадии продуванием холодного воздуха охлаждается ткань и удаляются остатки в ней влаги [12]. Процесс будем характеризовать величинами:

$T^{BO}, \rho^{BO}, \vartheta^{BO} = (\vartheta_1^{BO}, \vartheta_2^{BO}, \vartheta_3^{BO})$ — температура, плотность и скорость охлаждающего воздуха, T_B, T — температура воды и ткани.

Процесс охлаждения ткани описывается уравнением

$$C_t(x)\rho_t(x)\frac{\partial T}{\partial t} = \text{div}(k(x)\text{grad}T) + \alpha_{mv}(t,x)[T^{mv}(t,x) - T(t,x)] - \alpha_{TT}(T - 100^\circ C), \quad (2.132)$$

где $\alpha_{TT}(t,x)$ — коэффициент теплопередачи от ткани к воздуху.

Процесс охлаждения влаги описывается уравнением

$$\rho_B \cdot C_B \cdot \frac{\partial T_B}{\partial t} = \alpha_{TB}(t,x)(T - T_s) - \alpha_{BB}(t,x)(T_B - T^{BO}), \quad (2.133)$$

где $\alpha_{BB}(t,x)$ — коэффициент теплопередачи от влаги к воздуху.

К уравнениям (2.132, 2.133) добавляются уравнение непрерывности

$$\frac{\partial \rho^{BO}}{\partial t} + \text{div}(\rho^{BO} \cdot \vartheta^{BO}) = 0 \quad (2.134)$$

и уравнение Эйлера (μ^{BO} — молярная масса воздуха)

$$\frac{\partial \vartheta^{BO}}{\partial t} + (\vartheta^{BO} \cdot \nabla) \vartheta^{BO} = \frac{-R}{\mu^{BO}} \left(\frac{T^{BO}(t,x)}{\rho^{BO}} \cdot \text{grad} \rho^{BO}(t,x) \right) - \frac{R}{\mu^{BO}} \text{grad} T^{BO}(t,x). \quad (2.135)$$

Рассмотрим также уравнение

$$\begin{aligned} \rho^{BO} \cdot C^{BO} \frac{\partial T^{BO}}{\partial t} &= \frac{\vartheta^{BO} \cdot R}{\mu^{BO}} \cdot \rho^{BO} \cdot \text{grad} T^{BO}(t,x) + \\ &+ \vartheta^{BO} \cdot \frac{R}{\mu^{BO}} \cdot T^{BO}(t,x) \text{grad} \rho^{BO} + \left(C^{BO} \cdot T^{BO}(t,x) + \frac{\vartheta^{BO^2}}{2} \right) \cdot \\ &\cdot \text{div}(\rho^{BO} \vartheta^{BO}) + \rho^{BO} \cdot \vartheta^{BO} (\vartheta^{BO} \cdot \nabla \cdot \vartheta^{BO}) + \\ &+ \alpha_{TI}(T(t,x) - T^{BO}(t,x)) + \alpha_{BB}(T_B - T^{BO}). \end{aligned} \quad (2.136)$$

Уравнения (2.132–2.136) описывают последний процесс окончательной ВТО и позволяют найти неизвестные, T^{BO} , ρ^{BO} , ϑ^{BO} , T , T_B .

Уравнение (2.132) решается с начальным условием

$$T(t_{BB}, x) = \tilde{T}(t_{BB}, x), \quad (2.137)$$

где: $\tilde{T}(t_{BB}, x)$ — решение уравнения (2.121), момент t_{BB} — окончание сушки нагретым воздухом.

Граничные условия для уравнения (2.132):

$$\left. \begin{aligned} k(x) \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\partial Q_0} &= \alpha_{но.т} (T_{co} - T) \Big|_{\partial Q_0}, \\ k(x) \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\partial Q_1} &= \alpha_c (T_c - T) \Big|_{\partial Q_1}, \end{aligned} \right\}, \quad (2.138)$$

где: T_{co} — температура среды на поверхности ∂Q_0 ,
 T_c — температура среды на поверхности ∂Q_1 ,
 $\alpha_{но.т}$ — коэффициент теплоотдачи с поверхности ∂Q_0 .

Начальные условия для уравнения (2.133) таковы:

$$T_B(t_{BB}, x) = 100^\circ\text{C}. \quad (2.139)$$

Для уравнения (2.122) $\rho_B = \tilde{\rho}_B(t_M, x)$, где $\tilde{\rho}_B(t_M, x)$ — решение уравнения (2.116) в момент t_{Tg} .

Граничное условие для уравнения (2.134):

$$\rho^{BO}(t, x) \Big|_{\partial Q_0} = \rho_0^{BO}, \quad (2.140)$$

где ρ_0^{BO} — начальная плотность продуваемого воздуха.

Для уравнения (2.136) аналогично:

$$T^{BO}(t, x) \Big|_{\partial Q_0} = T_0^{BO}, \quad (2.141)$$

где T_0^{BO} — начальная температура продуваемого воздуха.

Система квазилинейных дифференциальных уравнений в частных производных (2.132–2.136) решается численным методом до момента окончания стабилизации t_C , $T(t_C, x) = T_0 = T^{BO}$.

Расчет параметров осуществляется на ПК согласно разработанному алгоритму (рисунок 2.7).

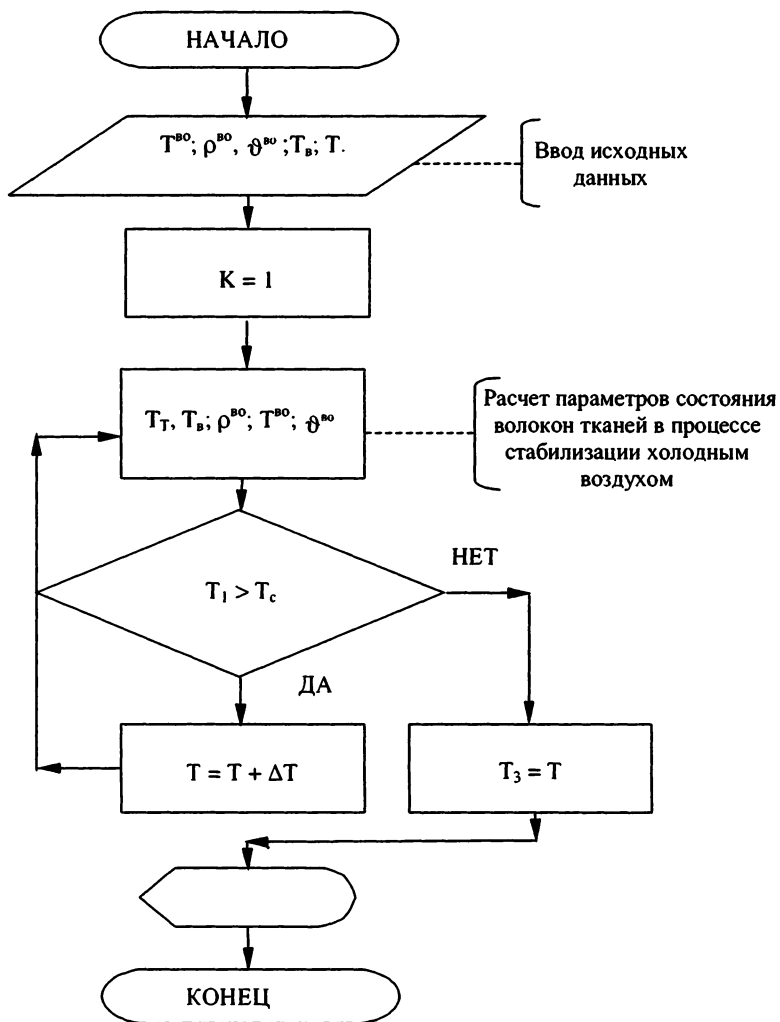


Рисунок 2.7 — Алгоритм расчета параметров процесса перевода волокон тканей в застеклованное состояние.
K — № процесса ВТО

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ШВЕЙНОГО ИЗДЕЛИЯ

Приведенные во второй главе теоретические математические модели позволяют в общем виде определять параметры теплофизических процессов окончательной ВТО.

При этом для проведения процесса окончательной ВТО мужского пиджака необходимо знать соответствующие параметры обработки его основных элементов: стойки воротника, верха рукавов, верха рукавов ниже подокатников, клапанов карманов, плечевых окатов, лацканов, полочек, спинки.

Решить эту задачу возможно посредством математических зависимостей теплофизических процессов: перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние, виброформования, прессования, сушки, перевода волокон тканей в застеклованное состояние.

3.1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПЕРЕВОДА ВОЛОКОН ТКАНЕЙ В ВЫСОКОЭЛАСТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

Материалы экспериментальных исследований [12, 23–25] распределения температуры по толщинам пакетов тканей основных конструктивных элементов мужского пиджака в процессе пропаривания технологическим паром с температурой $T_{\text{пара}} \geq 135^\circ\text{C}$, обработанные методом наименьших квадратов на ПК, позволили получить уравнения регрессии и построить соответствующие графики.

При этом приведенные ниже уравнения регрессии позволяют определять температуру в различных точках по тол-

щине пакетов тканей во времени, а графики зависимостей — устанавливать характер распределения температуры при переводе волокон тканей в высокоэластическое состояние.

3.1.1. Зависимость температуры от толщины пакета тканей при фиксированном времени:

Стойка воротника:

$$1 - \text{при } t = 0 \text{ с; } T = 20,00 + 0,00 \cdot b - 0,00 \cdot b^2 + 0,00 \cdot b^3 - 0,00 \cdot b^4; \quad (3.1)$$

$$2 - \text{при } t = 2 \text{ с; } T = 85,48 - 21,27 \cdot b + 13,47 \cdot b^2 - 4,54 \cdot b^3 + 0,55 \cdot b^4; \quad (3.2)$$

$$3 - \text{при } t = 4 \text{ с; } T = 116,40 - 31,32 \cdot b + 19,83 \cdot b^2 - 6,68 \cdot b^3 + 0,81 \cdot b^4; \quad (3.3)$$

$$4 - \text{при } t = 6 \text{ с; } T = 131,01 - 36,06 \cdot b + 22,84 \cdot b^2 - 7,69 \cdot b^3 + 0,93 \cdot b^4; \quad (3.4)$$

$$5 - \text{при } t = 8 \text{ с; } T = 137,92 - 38,31 \cdot b + 24,26 \cdot b^2 - 8,17 \cdot b^3 + 0,99 \cdot b^4. \quad (3.5)$$

Используя уравнения (3.1–3.5), построили графики, представленные на рисунке 3.1.

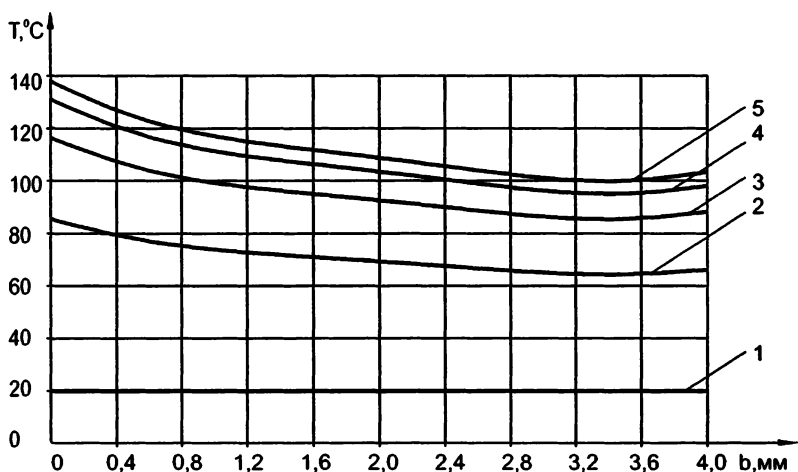


Рисунок 3.1 — Распределение температуры по толщине пакета тканей при пропаривании стойки воротника:
1 — до пропаривания; 2...5 — через 2, 4, 6, 8 с пропаривания

При этом после навешивания полуфабриката на манекен (температура пакета ткани $T_{п.тк} = 20^{\circ}\text{C}$) осуществляется пропаривание стойки воротника ($b = 4 \text{ мм}$) с двух сторон в течение 8 с для перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние ($T_{пара} = 140^{\circ}\text{C}$).

Через 2 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильной подушки ($b_1 = 0$) $t_1 = 86^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха верхнего воротника с клеевой прокладкой $t_2 = 78^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок $t_3 = 77^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижнего воротника $t_4 = 76^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха нижнего воротника с тканью верха верхней стойки $t_5 = 70^\circ\text{C}$;
- $b_6 = 2,7$ мм в месте контакта ткани верха верхней стойки с клеевой прокладкой $t_6 = 67^\circ\text{C}$;
- $b_7 = 3$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок стойки воротника $t_7 = 63^\circ\text{C}$;
- $b_8 = 3,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижней стойки воротника $t_8 = 62^\circ\text{C}$;
- $b_9 = 4$ мм в месте контакта ткани верха нижней стойки воротника с манекеном $t_9 = 63^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильной подушки ($b_1 = 0$) $t_1 = 116^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха верхнего воротника с клеевой прокладкой $t_2 = 101^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок $t_3 = 100^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижнего воротника $t_4 = 98^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха нижнего воротника с тканью верха верхней стойки $t_5 = 91^\circ\text{C}$;
- $b_6 = 2,7$ мм в месте контакта ткани верха верхней стойки с клеевой прокладкой $t_6 = 88^\circ\text{C}$;
- $b_7 = 3$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок стойки воротника $t_7 = 86^\circ\text{C}$;
- $b_8 = 3,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижней стойки воротника $t_8 = 85^\circ\text{C}$;
- $b_9 = 4$ мм в месте контакта ткани верха нижней стойки воротника с манекеном $t_9 = 87^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильной подушки ($b_1 = 0$) $t_1 = 131^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха верхнего воротника с клеевой прокладкой $t_2 = 117^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок $t_3 = 110^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижнего воротника $t_4 = 108^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха нижнего воротника с тканью верха верхней стойки $t_5 = 103^\circ\text{C}$;
- $b_6 = 2,7$ мм в месте контакта ткани верха верхней стойки с клеевой прокладкой $t_6 = 99^\circ\text{C}$;
- $b_7 = 3$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок стойки воротника $t_7 = 96^\circ\text{C}$;
- $b_8 = 3,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижней стойки воротника $t_8 = 94^\circ\text{C}$;
- $b_9 = 4$ мм в месте контакта ткани верха нижней стойки воротника с манекеном $t_9 = 98^\circ\text{C}$.

Через 8 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильной подушки ($b_1 = 0$) $t_1 = 138^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха верхнего воротника с клеевой прокладкой $t_2 = 121^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок $t_3 = 116^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижнего воротника $t_4 = 114^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха нижнего воротника с тканью верха верхней стойки $t_5 = 108^\circ\text{C}$;
- $b_6 = 2,7$ мм в месте контакта ткани верха верхней стойки с клеевой прокладкой $t_6 = 102^\circ\text{C}$;
- $b_7 = 3$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок стойки воротника $t_7 = 101^\circ\text{C}$;
- $b_8 = 3,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижней стойки воротника $t_8 = 100^\circ\text{C}$;
- $b_9 = 4$ мм в месте контакта ткани верха нижней стойки воротника с манекеном $t_9 = 102^\circ\text{C}$.

Верх рукавов:

$$1 - \text{при } t = 0 \text{ с; } T = 20,00 - 0,00 \cdot b + 0,00 \cdot b^2 - 0,00 \cdot b^3 + 0,00 \cdot b^4; \quad (3.6)$$

$$2 - \text{при } t = 2 \text{ с; } T = 82,65 - 39,14 \cdot b + 38,79 \cdot b^2 - 18,53 \cdot b^3 + 3,11 \cdot b^4; \quad (3.7)$$

$$3 - \text{при } t = 4 \text{ с}; \quad T = 114,81 - 59,23 \cdot b + 58,70 \cdot b^2 - 28,05 \cdot b^3 + 4,71 \cdot b^4; \quad (3.8)$$

$$4 - \text{при } t = 6 \text{ с}; \quad T = 131,33 - 69,55 \cdot b + 68,92 \cdot b^2 - 32,94 \cdot b^3 + 5,53 \cdot b^4; \quad (3.9)$$

$$5 - \text{при } t = 8 \text{ с}; \quad T = 139,80 - 74,85 \cdot b + 74,17 \cdot b^2 - 35,44 \cdot b^3 + 5,95 \cdot b^4. \quad (3.10)$$

Используя уравнения (3.6–3.10), построили графики, представленные на рисунке 3.2.

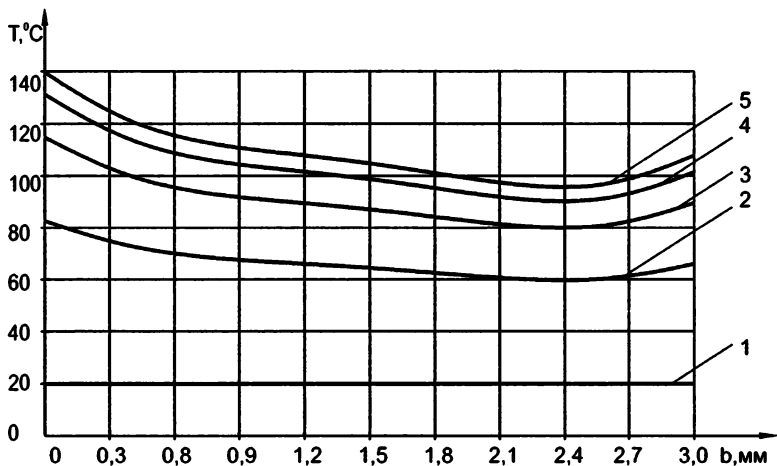


Рисунок 3.2 — Распределение температуры по толщине пакета тканей при пропаривании верха рукавов: 1 — до пропаривания; 2...5 — через 2, 4, 6, 8 с пропаривания

После навешивания полуфабриката на манекен ($T_{\text{п.тк}} = 20^\circ\text{C}$) осуществляется пропаривание верха рукавов ($b = 2,87 \text{ мм}$) с двух сторон в течение 8 с для перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние ($T_{\text{пара}} = 140^\circ\text{C}$).

Через 2 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильных подушек ($b_1 = 0$) $t_1 = 83^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7 \text{ мм}$ в месте контакта ткани верха каждого рукава с подокатником $t_2 = 70^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 2,7 \text{ мм}$ в месте контакта подокатника с подкладкой каждого рукава $t_3 = 61^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 2,87 \text{ мм}$ в месте контакта подкладки каждого рукава с манекеном $t_4 = 68^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильных подушек ($b_1 = 0$) $t_1 = 115^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха каждого рукава с подокатником $t_2 = 95^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 2,7$ мм в месте контакта подокатника с подкладкой каждого рукава $t_3 = 82^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 2,87$ мм в месте контакта подкладки каждого рукава с манекеном $t_4 = 90^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильных подушек ($b_1 = 0$) $t_1 = 131^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха каждого рукава с подокатником $t_2 = 108^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 2,7$ мм в месте контакта подокатника с подкладкой каждого рукава $t_3 = 94^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 2,87$ мм в месте контакта подкладки каждого рукава с манекеном $t_4 = 101^\circ\text{C}$.

Через 8 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильных подушек ($b_1 = 0$) $t_1 = 140^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха каждого рукава с подокатником $t_2 = 115^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 2,7$ мм в месте контакта подокатника с подкладкой каждого рукава $t_3 = 99^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 2,87$ мм в месте контакта подкладки каждого рукава с манекеном $t_4 = 108^\circ\text{C}$.

Верх рукавов ниже подокатников:

$$1 - \text{при } t = 0 \text{ с; } T = 20,00 - 0,01 \cdot b + 0,07 \cdot b^2 - 0,13 \cdot b^3 + 0,07 \cdot b^4; \quad (3.11)$$

$$2 - \text{при } t = 2 \text{ с; } T = 83,28 - 73,27 \cdot b - 11,96 \cdot b^2 + 194,30 \cdot b^3 - 130,46 \cdot b^4; \quad (3.12)$$

$$3 - \text{при } t = 4 \text{ с; } T = 115,77 - 110,8 \cdot b - 18,15 \cdot b^2 + 294,12 \cdot b^3 - 197,47 \cdot b^4; \quad (3.13)$$

$$4 - \text{при } t = 6 \text{ с; } T = 132,45 - 130,19 \cdot b - 21,32 \cdot b^2 + 345,37 \cdot b^3 - 231,88 \cdot b^4; \quad (3.14)$$

$$5 - \text{при } t = 8 \text{ с; } T = 141,02 - 140,11 \cdot b - 22,95 \cdot b^2 + 371,68 \cdot b^3 - 249,54 \cdot b^4. \quad (3.15)$$

Используя уравнения (3.11–3.15), построили графики, представленные на рисунке 3.3.

После навешивания полуфабриката на манекен ($T_{п.тк} = 20^{\circ}\text{C}$) осуществляется пропаривание верха каждого рукава ниже подокатника ($b = 0,85$ мм) с двух сторон в течение 8 с для перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние ($T_{пара} = 141^{\circ}\text{C}$).

Через 2 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильных подушек ($b_1 = 0$) $t_1 = 83^{\circ}\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха с подкладкой каждого рукава $t_2 = 61^{\circ}\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта подкладки рукавов с манекеном $t_3 = 62^{\circ}\text{C}$.

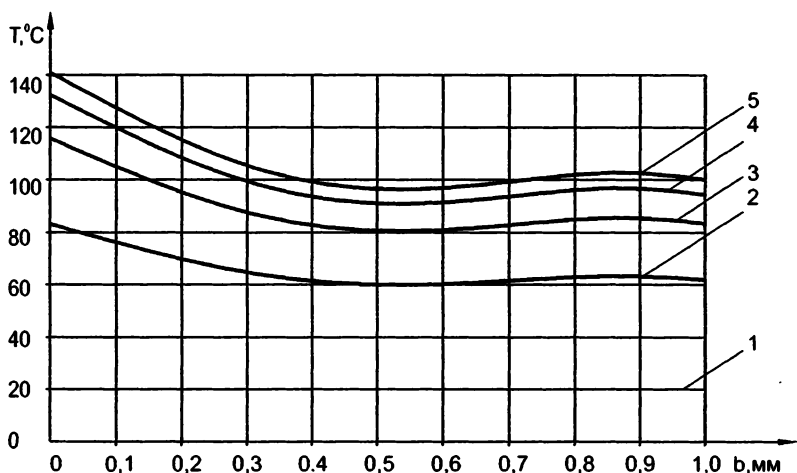


Рисунок 3.3 — Распределение температуры по толщине пакета тканей при пропаривании верха каждого рукава ниже подокатника:

1 — до пропаривания; 2...5 — через 2, 4, 6, 8 с пропаривания

Через 4 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильных подушек ($b_1 = 0$) $t_1 = 116^{\circ}\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха с подкладкой каждого рукава $t_2 = 82^{\circ}\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта подкладки рукавов с манекеном $t_3 = 83^{\circ}\text{C}$.

Через 6 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильных подушек ($b_1 = 0$) $t_1 = 132^{\circ}\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха с подкладкой каждого рукава $t_2 = 93^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта подкладки рукавов с манекеном $t_3 = 95^\circ\text{C}$.

Через 8 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильных подушек ($b_1 = 0$) $t_1 = 140^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха с подкладкой каждого рукава $t_2 = 99^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта подкладки рукавов с манекеном $t_3 = 100^\circ\text{C}$.

Клапаны карманов:

$$1 - \text{при } t = 0 \text{ с; } T = 20,00 + 0,00 \cdot b - 0,00 \cdot b^2 + 0,00 \cdot b^3 - 0,00 \cdot b^4; \quad (3.16)$$

$$2 - \text{при } t = 2 \text{ с; } T = 87,00 - 35,809 \cdot b + 54,060 \cdot b^2 - 46,154 \cdot b^3 + 15,3737 \cdot b^4; \quad (3.17)$$

$$3 - \text{при } t = 4 \text{ с; } T = 118,00 - 30,517 \cdot b - 9,424 \cdot b^2 + 43,426 \cdot b^3 - 20,6637 \cdot b^4; \quad (3.18)$$

$$4 - \text{при } t = 6 \text{ с; } T = 133,00 - 61,627 \cdot b + 117,417 \cdot b^2 - 129,393 \cdot b^3 + 51,342 \cdot b^4; \quad (3.19)$$

$$5 - \text{при } t = 8 \text{ с; } T = 140,00 - 41,621 \cdot b + 11,841 \cdot b^2 + 18,777 \cdot b^3 - 10,393 \cdot b^4. \quad (3.20)$$

Используя уравнения (3.16–3.20), построили графики, представленные на рисунке 3.4.

После навешивания полуфабриката на манекен ($T_{\text{п.тк}} = 20^\circ\text{C}$) осуществляется пропаривание клапанов карманов ($b = 1,15$ мм) со стороны верхних подушек в течение 8 с для перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние ($T_{\text{пара}} = 140^\circ\text{C}$).

Через 2 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильных подушек ($b_1 = 0$) $t_1 = 87^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха клапанов карманов с клеевыми прокладками $t_2 = 78^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевых прокладок с подкладками карманов $t_3 = 75^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,15$ мм в месте контакта ткани подкладки каждого кармана с манекеном $t_4 = 74^\circ\text{C}$.

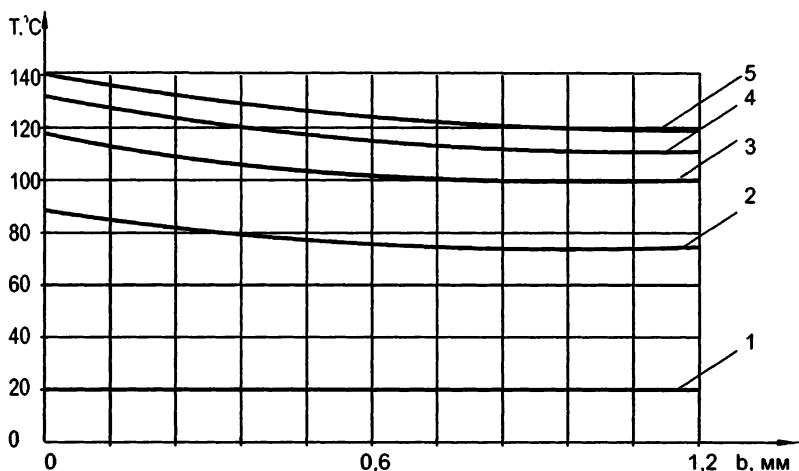


Рисунок 3.4 — *Распределение температуры по толщине пакета тканей при пропаривании клапанов карманов: 1 – до пропаривания; 2...5 – через 2, 4, 6, 8 с пропаривания*

Через 4 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильных подушек ($b_1 = 0$) $t_1 = 118^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха клапанов карманов с клеевыми прокладками $t_2 = 102^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевых прокладок с подкладками карманов $t_3 = 101^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,15$ мм в месте контакта ткани подкладки каждого кармана с манекеном $t_4 = 101^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильных подушек ($b_1 = 0$) $t_1 = 133^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха клапанов карманов с клеевыми прокладками $t_2 = 116^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевых прокладок с подкладками карманов $t_3 = 113^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,15$ мм в месте контакта ткани подкладки каждого кармана с манекеном $t_4 = 112^\circ\text{C}$.

Через 8 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильных подушек ($b_1 = 0$) $t_1 = 140^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха клапанов карманов с клеевыми прокладками $t_2 = 122^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевых прокладок с подкладками карманов $t_3 = 120^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,15$ мм в месте контакта ткани подкладки каждого кармана с манекеном $t_4 = 119^\circ\text{C}$.

Плечевые окаты:

$$1 - \text{при } t = 0; \quad T = 20,00 + 0,00 \cdot b - 0,00 \cdot b^2 + 0,00 \cdot b^3 - 0,00 \cdot b^4; \quad (3.21)$$

$$2 - \text{при } t = 2; \quad T = 80,71 - 17,11 \cdot b + 4,86 \cdot b^2 - 0,59 \cdot b^3 + 0,03 \cdot b^4; \quad (3.22)$$

$$3 - \text{при } t = 4; \quad T = 111,88 - 25,89 \cdot b + 7,35 \cdot b^2 - 0,89 \cdot b^3 + 0,04 \cdot b^4; \quad (3.23)$$

$$4 - \text{при } t = 6; \quad T = 127,89 - 30,40 \cdot b + 8,63 \cdot b^2 - 1,04 \cdot b^3 + 0,04 \cdot b^4; \quad (3.24)$$

$$5 - \text{при } t = 8; \quad T = 136,10 - 32,72 \cdot b + 9,29 \cdot b^2 - 1,12 \cdot b^3 + 0,05 \cdot b^4. \quad (3.25)$$

Используя уравнения (3.21–3.25), построили графики, представленные на рисунке 3.5.

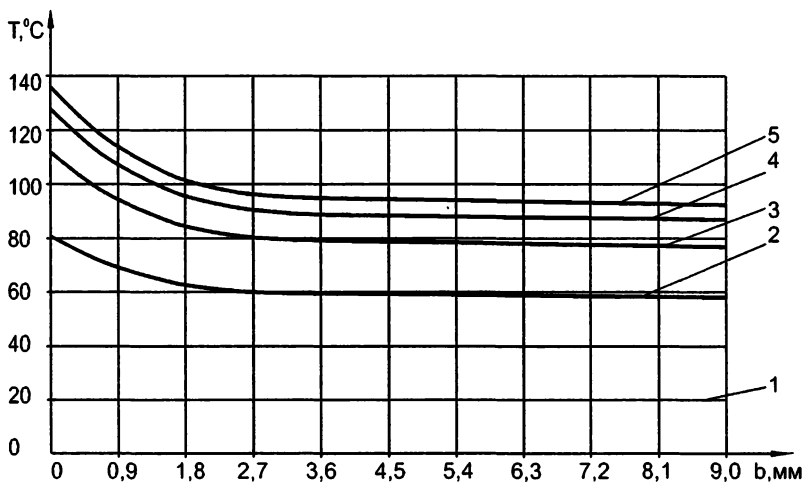


Рисунок 3.5 — *Распределение температуры по толщине пакета тканей при пропаривании плечевых окатов: 1 – до пропаривания; 2...5 – через 2, 4, 6, 8 с пропаривания*

После навешивания полуфабриката на манекен ($T_{\text{п.тк}} = 20^\circ\text{C}$) осуществляется пропаривание плечевых окатов ($b = 9,15$ мм) со стороны верхней подушки в течение 8 с для перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние ($T_{\text{пара}} = 136^\circ\text{C}$).

Через 2 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильных подушек ($b_1 = 0$) $t_1 = 80^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха с клеевыми прокладками $t_2 = 71^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевых прокладок с плечевыми накладками $t_3 = 69^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 9$ мм в месте контакта плечевых накладок с подкладкой $t_4 = 58^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 9,15$ мм в месте контакта ткани подкладки с манекеном $t_5 = 58^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 112^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха с клеевыми прокладками $t_2 = 97^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевых прокладок с плечевыми накладками $t_3 = 93^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 9$ мм в месте контакта плечевых накладок с подкладкой $t_4 = 77^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 9,15$ мм в месте контакта ткани подкладки с манекеном $t_5 = 77^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 128^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха с клеевыми прокладками $t_2 = 109^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевых прокладок с плечевыми накладками $t_3 = 107^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 9$ мм в месте контакта плечевых накладок с подкладкой $t_4 = 88^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 9,15$ мм в месте контакта ткани подкладки с манекеном $t_5 = 88^\circ\text{C}$.

Через 8 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 136^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха с клеевыми прокладкам $t_2 = 116^\circ\text{C}$;

- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевых прокладок с плечевыми накладками $t_3 = 113^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 9$ мм в месте контакта плечевых накладок с подкладкой $t_4 = 93^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 9,15$ мм в месте контакта ткани подкладки с манекеном $t_5 = 93^\circ\text{C}$.

Лацканы:

1 - при $t = 0$; $T = 20,00 + 0,00 \cdot b - 0,01 \cdot b^2 + 0,01 \cdot b^3 - 0,00 \cdot b^4$; (3.26)

2 - при $t = 2$; $T = 82,39 - 48,63 \cdot b + 77,99 \cdot b^2 - 51,39 \cdot b^3 + 10,98 \cdot b^4$; (3.27)

3 - при $t = 4$; $T = 114,42 - 73,60 \cdot b + 118,03 \cdot b^2 - 77,78 \cdot b^3 + 16,62 \cdot b^4$; (3.28)

4 - при $t = 6$; $T = 130,87 - 86,43 \cdot b + 138,59 \cdot b^2 - 91,33 \cdot b^3 + 19,52 \cdot b^4$; (3.29)

5 - при $t = 8$; $T = 139,31 - 93,01 \cdot b + 149,14 \cdot b^2 - 98,28 \cdot b^3 + 21,00 \cdot b^4$. (3.30)

Используя уравнения (3.26–3.30), построили графики, представленные на рисунке 3.6.

После навешивания полуфабриката на манекен ($T_{\text{п.тк}} = 20^\circ\text{C}$) осуществляется пропаривание лацканов ($b = 2$ мм) со стороны верхней подушки в течение 8 с для перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние ($T_{\text{пара}} = 140^\circ\text{C}$).

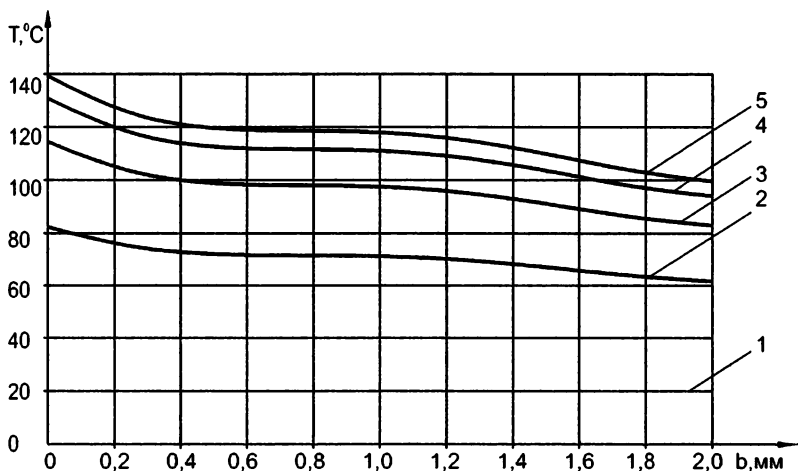


Рисунок 3.6 — Распределение температуры по толщине пакета тканей при пропаривании лацканов: 1 - до пропаривания; 2...5 - через 2, 4, 6, 8 с пропаривания

Через 2 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильных подушек ($b_1 = 0$) $t_1 = 82^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха каждого лацкана с клеевыми прокладками $t_2 = 71^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок с каждой плечевой накладкой $t_3 = 70^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевых прокладок с тканью верха $t_4 = 69^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха с манекеном $t_5 = 62^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха со стороны гладильных подушек ($b_1 = 0$) $t_1 = 114^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха каждого лацкана с клеевыми прокладками $t_2 = 99^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок с каждой плечевой накладкой $t_3 = 98^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевых прокладок с тканью верха $t_4 = 95^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха с манекеном $t_5 = 83^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 131^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха каждого лацкана с клеевыми прокладками $t_2 = 112^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок с каждой плечевой накладкой $t_3 = 111^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевых прокладок с тканью верха $t_4 = 108^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха с манекеном $t_5 = 95^\circ\text{C}$.

Через 8 с после начала пропаривания температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 139^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха каждого лацкана с клеевыми прокладками $t_2 = 119^\circ\text{C}$;

- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок с каждой плечевой накладкой $t_3 = 118^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевых прокладок с тканью верха $t_4 = 114^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха с манекеном $t_5 = 100^\circ\text{C}$.

Полочки:

$$1 - \text{при } t = 0; \quad T = 20,00 + 0,00 \cdot b - 0,00 \cdot b^2 + 0,00 \cdot b^3 - 0,00 \cdot b^4; \quad (3.31)$$

$$2 - \text{при } t = 2; \quad T = 94,61 - 100,26 \cdot b + 293,92 \cdot b^2 - 361,46 \cdot b^3 + 143,11 \cdot b^4; \quad (3.32)$$

$$3 - \text{при } t = 4; \quad T = 126,27 - 142,80 \cdot b + 418,66 \cdot b^2 - 514,86 \cdot b^3 + 203,84 \cdot b^4; \quad (3.33)$$

$$4 - \text{при } t = 6; \quad T = 139,71 - 160,86 \cdot b + 471,59 \cdot b^2 - 579,95 \cdot b^3 + 229,61 \cdot b^4. \quad (3.34)$$

Используя уравнения (3.31–3.34), построили графики, представленные на рисунке 3.7.

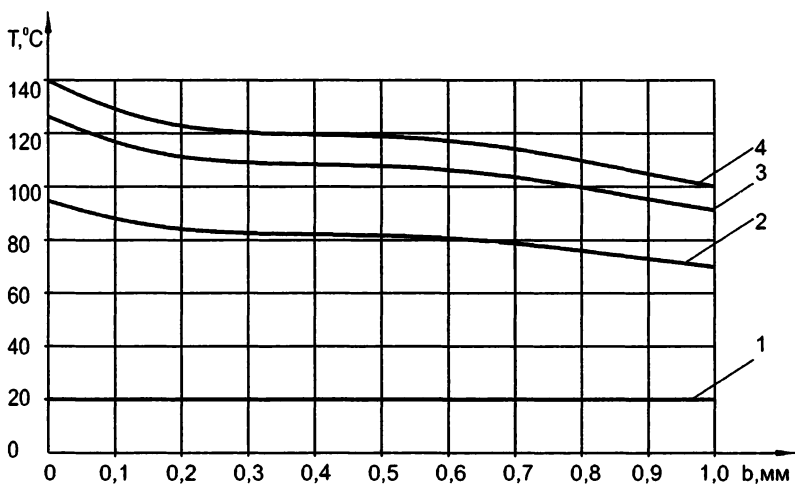


Рисунок 3.7 — Распределение температуры по толщине пакета тканей при пропаривании полочек:

1 — до пропаривания; 2...4 — через 2, 4, 6 с пропаривания

После навешивания полуфабриката на манекен ($T_{\text{п.тк}} = 20^\circ\text{C}$) осуществляется пропаривание полочек ($b = 1,13$ мм) со стороны манекена в течение 6 с для перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние ($T_{\text{пара}} = 140^\circ\text{C}$).

Через 2 с после начала пропаривания температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 95^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки каждой полочки с тканью верха $t_2 = 86^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевых прокладок с тканью верха каждой полочки $t_3 = 82^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха каждой полочки с окружающей средой $t_4 = 70^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала пропаривания температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 126^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки каждой полочки с тканью верха $t_2 = 113^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевых прокладок с тканью верха каждой полочки $t_3 = 109^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха каждой полочки с окружающей средой $t_4 = 91^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала пропаривания температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 140^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки каждой полочки с тканью верха $t_2 = 125^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевых прокладок с тканью верха каждой полочки $t_3 = 119^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха каждой полочки с окружающей средой $t_4 = 100^\circ\text{C}$.

Спинка:

$$1 - \text{при } t = 0; T = 20,00 - 0,01\text{Чб} + 0,07\text{Чб}^2 - 0,13\text{Чб}^3 + 0,07\text{Чб}^4; \quad (3.35)$$

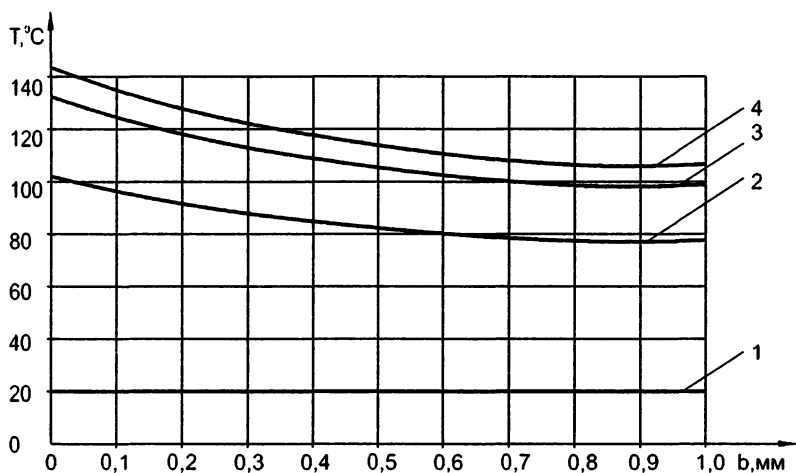
$$2 - \text{при } t = 2; T = 102,16 - 68,91\text{Чб} + 96,59\text{Чб}^2 - 99,05\text{Чб}^3 + 46,92\text{Чб}^4; \quad (3.36)$$

$$3 - \text{при } t = 4; T = 132,38 - 94,25\text{Чб} + 132,09\text{Чб}^2 - 135,43\text{Чб}^3 + 64,16\text{Чб}^4; \quad (3.37)$$

$$4 - \text{при } t = 6; T = 143,50 - 103,58\text{Чб} + 145,16\text{Чб}^2 - 148,82\text{Чб}^3 + 70,50\text{Чб}^4. \quad (3.38)$$

Используя уравнения (3.35–3.38), построили графики, представленные на рисунке 3.8.

После навешивания полуфабриката на манекен ($T_{\text{п тк}} = 20^\circ\text{C}$) осуществляется пропаривание спинки ($b = 0,85$ мм) со стороны манекена в течение 6 с для перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние ($T_{\text{пара}} = 144^\circ\text{C}$).



*Рисунок 3.8 — Распределение температуры по толщине пакета тканей при пропаривании спинки:
1 — до пропаривания; 2...4 — через 2, 4, 6 с пропаривания*

Через 2 с после начала пропаривания температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 102^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 94^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с окружающей средой $t_3 = 78^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала пропаривания температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 132^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 121^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с окружающей средой $t_3 = 99^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала пропаривания температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 144^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 131^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с окружающей средой $t_3 = 107^\circ\text{C}$.

3.1.2. Зависимость температуры от времени по толщинам пакетов тканей:

Стойка воротника:

$$1 - \text{при } b = 0; \quad T = 21,29 + 45,99 \cdot t - 9,00 \cdot t^2 + 1,10 \cdot t^3 - 0,06 \cdot t^4; \quad (3.39)$$

$$2 - \text{при } b = 0,6; \quad T = 21,09 + 38,92 \cdot t - 7,61 \cdot t^2 + 0,93 \cdot t^3 - 0,05 \cdot t^4; \quad (3.40)$$

$$3 - \text{при } b = 1,2; \quad T = 21,00 + 35,73 \cdot t - 6,99 \cdot t^2 + 0,86 \cdot t^3 - 0,04 \cdot t^4; \quad (3.41)$$

$$4 - \text{при } b = 1,8; \quad T = 20,93 + 33,26 \cdot t - 6,51 \cdot t^2 + 0,80 \cdot t^3 - 0,04 \cdot t^4; \quad (3.42)$$

$$5 - \text{при } b = 2,4; \quad T = 20,85 + 30,42 \cdot t - 5,95 \cdot t^2 + 0,73 \cdot t^3 - 0,04 \cdot t^4; \quad (3.43)$$

$$6 - \text{при } b = 3; \quad T = 20,86 + 30,78 \cdot t - 6,02 \cdot t^2 + 0,74 \cdot t^3 - 0,04 \cdot t^4; \quad (3.44)$$

$$7 - \text{при } b = 3,6; \quad T = 20,80 + 28,66 \cdot t - 5,61 \cdot t^2 + 0,69 \cdot t^3 - 0,04 \cdot t^4. \quad (3.45)$$

Используя уравнения (3.39–3.45), построили графики, представленные на рисунке 3.9.

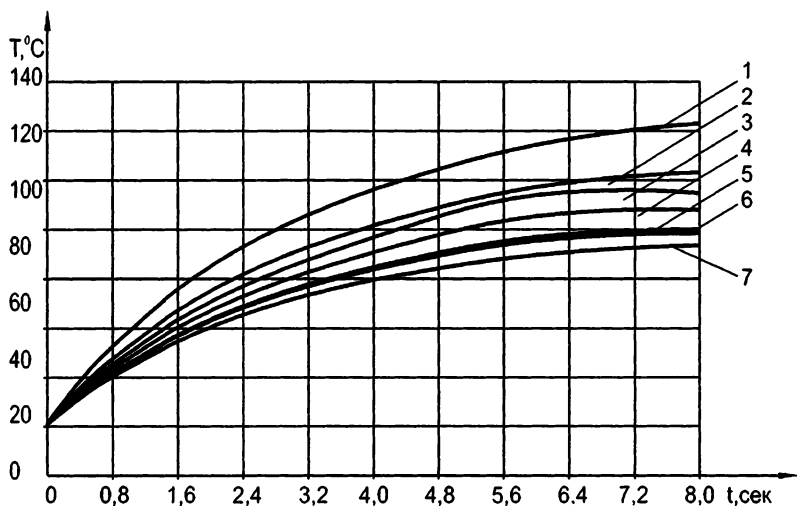


Рисунок 3.9 — Распределение температуры во времени по толщинам пакета тканей при пропаривании стойки воротника:

1 — на лицевой поверхности; 2...7 — на соответствующих толщинах (0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6 мм)

Верх рукавов:

1 - при $b = 0$; $T = 21,94 + 37,98 \cdot t - 5,46 \cdot t^2 + 0,49 \cdot t^3 - 0,02 \cdot t^4$; (3.46)

2 - при $b = 0,6$; $T = 21,54 + 30,09 \cdot t - 4,32 \cdot t^2 + 0,39 \cdot t^3 - 0,02 \cdot t^4$; (3.47)

3 - при $b = 1,2$; $T = 21,41 + 27,46 \cdot t - 3,95 \cdot t^2 + 0,35 \cdot t^3 - 0,01 \cdot t^4$; (3.48)

4 - при $b = 1,8$; $T = 21,30 + 25,42 \cdot t - 3,65 \cdot t^2 + 0,33 \cdot t^3 - 0,01 \cdot t^4$; (3.49)

5 - при $b = 2,4$; $T = 21,21 + 23,66 \cdot t - 3,40 \cdot t^2 + 0,30 \cdot t^3 - 0,01 \cdot t^4$; (3.50)

6 - при $b = 3$; $T = 21,35 + 26,29 \cdot t - 3,78 \cdot t^2 + 0,34 \cdot t^3 - 0,01 \cdot t^4$. (3.51)

Используя уравнения (3.46–3.51), построили графики, представленные на рисунке 3.10.

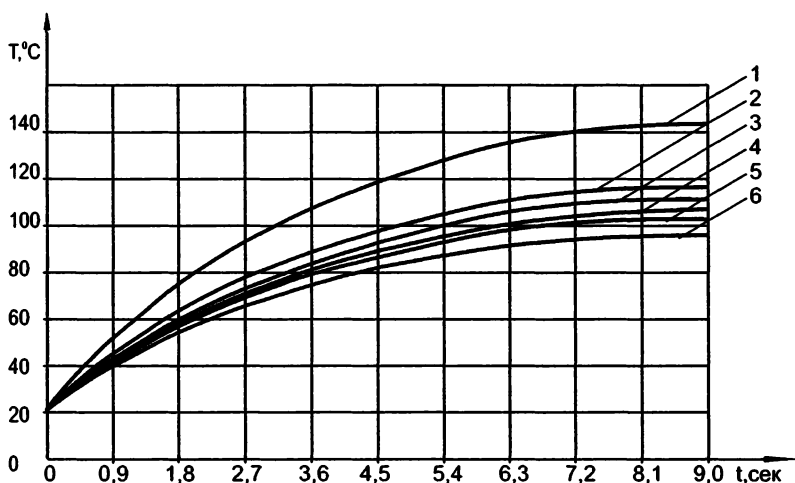


Рисунок 3.10 — Распределение температуры во времени по толщинам пакета тканей при пропаривании верха рукавов: 1 - на лицевой поверхности; 2...6 - на соответствующих толщинах (0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3,0 мм)

Верх рукавов ниже подокатников:

1 - при $b = 0$; $T = 21,94 + 37,98 \cdot t - 5,46 \cdot t^2 + 0,49 \cdot t^3 - 0,02 \cdot t^4$; (3.52)

2 - при $b = 0,6$; $T = 21,24 + 24,25 \cdot t - 3,48 \cdot t^2 + 0,31 \cdot t^3 - 0,01 \cdot t^4$. (3.53)

Используя уравнения (3.52–3.53), построили графики, представленные на рисунке 3.11.

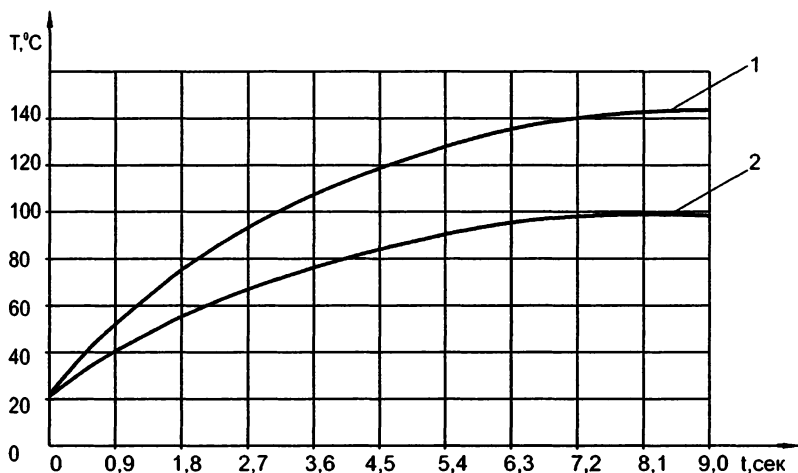


Рисунок 3.11 — Распределение температуры во времени по толщинам пакета тканей при пропаривании верха рукавов ниже подокатников:

1 — на лицевой поверхности; 2 — на толщине 0,6 мм

Клапаны карманов:

$$1 - \text{при } b = 0; \quad T = 20,00 + 47,33 \cdot t - 8,376 \cdot t^2 + 0,7919 \cdot t^3 - 0,03126 \cdot t^4; \quad (3.54)$$

$$2 - \text{при } b = 0,3; \quad T = 20,00 + 40,88 \cdot t - 6,324 \cdot t^2 + 0,4689 \cdot t^3 - 0,01303 \cdot t^4; \quad (3.55)$$

$$3 - \text{при } b = 0,6; \quad T = 20,00 + 41,42 \cdot t - 0,084 \cdot t^2 + 0,8960 \cdot t^3 - 0,04168 \cdot t^4; \quad (3.56)$$

$$4 - \text{при } b = 0,9; \quad T = 20,00 + 37,46 \cdot t - 5,720 \cdot t^2 + 0,3856 \cdot t^3 - 0,00782 \cdot t^4; \quad (3.57)$$

$$5 - \text{при } b = 1,2; \quad T = 20,00 + 36,42 \cdot t - 5,355 \cdot t^2 + 0,3335 \cdot t^3 - 0,00522 \cdot t^4. \quad (3.58)$$

Используя уравнения (3.54–3.58), построили графики, представленные на рисунке 3.12.

Плечевые окаты:

$$1 - \text{при } b = 0; \quad T = 21,94 + 37,98 \cdot t - 5,46 \cdot t^2 + 0,49 \cdot t^3 - 0,02 \cdot t^4; \quad (3.59)$$

$$2 - \text{при } b = 0,6; \quad T = 21,65 + 32,14 \cdot t - 4,62 \cdot t^2 + 0,41 \cdot t^3 - 0,02 \cdot t^4; \quad (3.60)$$

$$3 - \text{при } b = 1,2; \quad T = 21,44 + 28,05 \cdot t - 4,03 \cdot t^2 + 0,36 \cdot t^3 - 0,02 \cdot t^4; \quad (3.61)$$

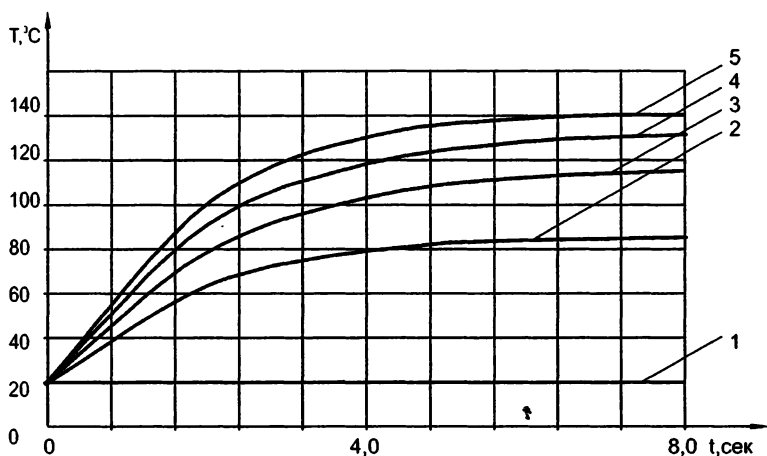


Рисунок 3.12 — Распределение температуры во времени по толщинам пакета тканей при пропаривании клапанов карманов:

1 — на лицевой части; 2...5 — на соответствующих толщинах (0,3; 0,6; 0,9; 1,2 мм)

$$4 - \text{при } b = 1,8; \quad T = 21,27 + 24,83 \cdot t - 3,57 \cdot t^2 + 0,32 \cdot t^3 - 0,01 \cdot t^4; \quad (3.62)$$

$$5 - \text{при } b = 2,4; \quad T = 21,23 + 24,01 \cdot t - 3,45 \cdot t^2 + 0,31 \cdot t^3 - 0,01 \cdot t^4. \quad (3.63)$$

При этом дальнейший расчет температуры по толщине до 0,9 мм нецелесообразен, т.к. она изменяется незначительно, и уравнения регрессии не приводятся.

Используя уравнения (3.59–3.63), построили графики, представленные на рисунке 3.13.

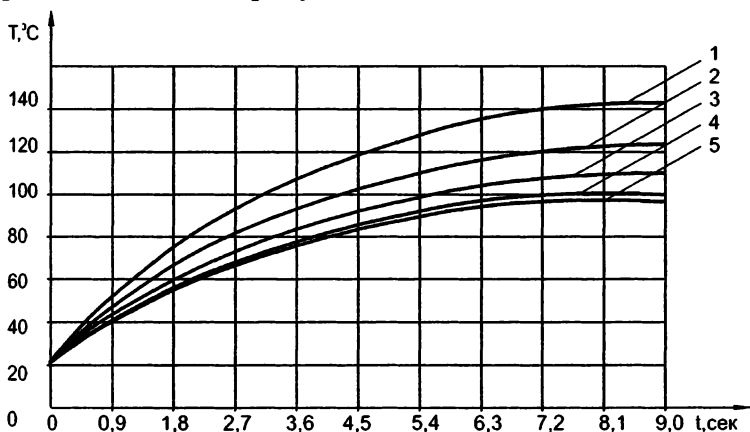


Рисунок 3.13 — Распределение температуры во времени по толщинам пакета тканей при пропаривании плечевых окатов: 1 — на лицевой части, 2...5 — на соответствующих толщинах (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 мм)

Лацканы:

$$1 - \text{при } b = 0; \quad T = 21,94 + 37,98 \cdot t - 5,46 \cdot t^2 + 0,49 \cdot t^3 - 0,02 \cdot t^4; \quad (3.64)$$

$$2 - \text{при } b = 0,6; \quad T = 21,65 + 32,14 \cdot t - 4,62 \cdot t^2 + 0,41 \cdot t^3 - 0,02 \cdot t^4; \quad (3.65)$$

$$3 - \text{при } b = 1,2; \quad T = 21,53 + 29,80 \cdot t - 4,28 \cdot t^2 + 0,38 \cdot t^3 - 0,02 \cdot t^4; \quad (3.66)$$

$$4 - \text{при } b = 1,8; \quad T = 21,33 + 26,00 \cdot t - 3,74 \cdot t^2 + 0,33 \cdot t^3 - 0,01 \cdot t^4. \quad (3.67)$$

Используя уравнения (3.64–3.67), построили графики, представленные на рисунке 3.14.

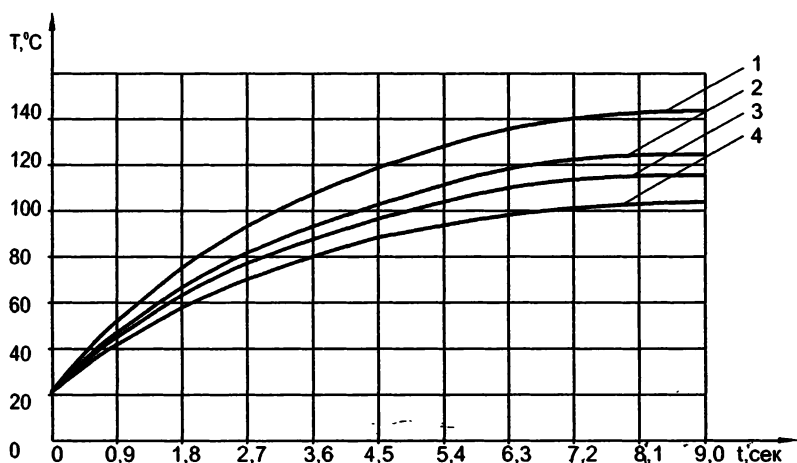


Рисунок 3.14 — Распределение температуры во времени по толщинам пакета тканей при пропаривании лацканов: 1 — на лицевой части; 2...4 — на соответствующих толщинах (0,6; 1,2; 1,8 мм)

Полочки:

$$1 - \text{при } b = 0; \quad T = 20,34 + 57,53 \cdot t - 15,11 \cdot t^2 + 2,35 \cdot t^3 - 0,14 \cdot t^4; \quad (3.68)$$

$$2 - \text{при } b = 0,6; \quad T = 20,27 + 46,47 \cdot t - 12,20 \cdot t^2 + 1,90 \cdot t^3 - 0,12 \cdot t^4; \quad (3.69)$$

$$3 - \text{при } b = 1,2; \quad T = 20,22 + 38,06 \cdot t - 9,99 \cdot t^2 + 1,56 \cdot t^3 - 0,10 \cdot t^4. \quad (3.70)$$

Используя уравнения (3.68–3.70), построили графики, представленные на рисунке 3.15.

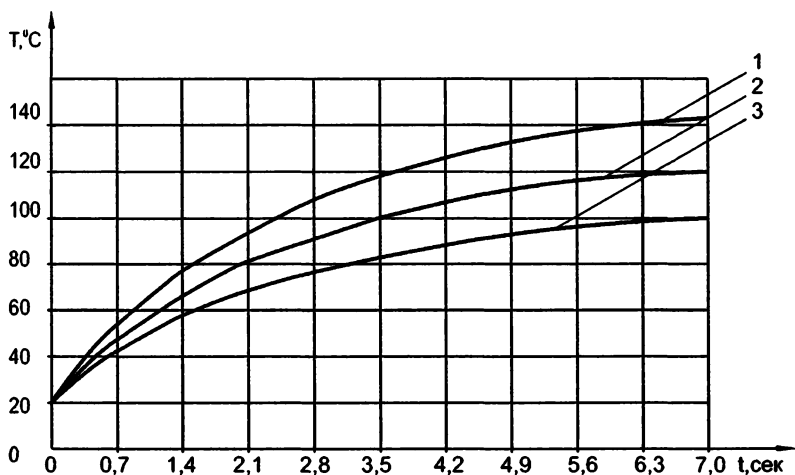


Рисунок 3.15 — *Распределение температуры во времени по толщинам пакета тканей при пропаривании полочек: 1 – на лицевой части; 2...3 – на соответствующих толщинах (0,6; 1,2 мм)*

Спинка:

$$1 - \text{при } b = 0; \quad T = 19,33 + 72,75\text{Ч}t - 24,41\text{Ч}t^2 + 4,55\text{Ч}t^3 - 0,32\text{Ч}t^4; \quad (3.71)$$

$$2 - \text{при } b = 0,6; \quad T = 19,51 + 53,16\text{Ч}t - 17,83\text{Ч}t^2 + 3,33\text{Ч}t^3 - 0,24\text{Ч}t^4. \quad (3.72)$$

Используя уравнения (3.71–3.72), построили графики, представленные на рисунке 3.16.

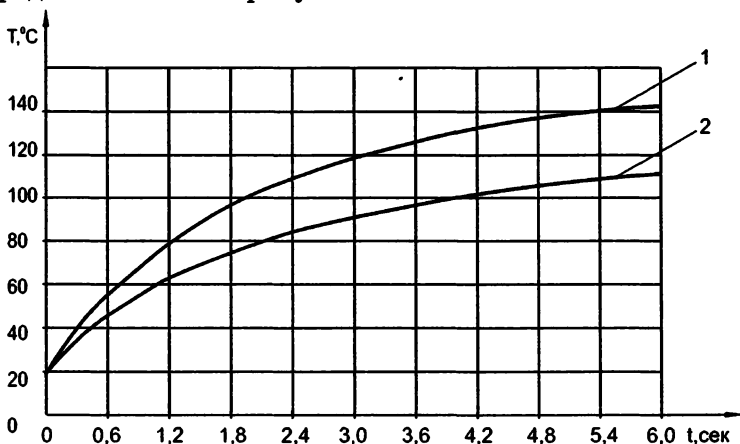


Рисунок 3.16 — *Распределение температуры во времени по толщинам пакета тканей при пропаривании спинки: 1 – на лицевой поверхности; 2 – на толщине 0,6 мм*

3.2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРЕССОВАНИИ

После перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние стойка воротника, верх каждого рукава, верх рукавов ниже подокатников и клапаны карманов одновременно прессуются, пропариваются с двух сторон с последующим прессованием без пропаривания, а плечевые окаты и лацканы одновременно прессуются и пропариваются со стороны лицевой части изделия с последующим прессованием без пропаривания [12, 26].

При этом температура пара — $T_{\text{пара}} \geq 135^{\circ}\text{C}$, температура рабочих поверхностей гладильных подушек — $T_{\text{под}} \geq 150^{\circ}\text{C}$, температура рабочей части манекена — $T_{\text{ман}} \geq 110^{\circ}\text{C}$.

Результаты экспериментальных исследований распределения температуры по толщинам пакетов тканей вышеупомянутых конструктивных элементов мужского пиджака, обработанные методом наименьших квадратов на ПК, позволяют получать уравнения регрессии и строить соответствующие графики.

При этом приведенные ниже уравнения регрессии позволяют определять температуру в различных точках по толщине пакетов тканей во времени, а графики зависимостей — устанавливать характер распределения температуры при прессовании.

3.2.1. Зависимость температуры от толщины пакета тканей при фиксированном времени:

Стойка воротника:

$$1 - \text{при } t = 1 \text{ с; } T = 130,17 - 25,547 \cdot b + 9,409 \cdot b^2 - 2,07 \cdot b^3 + 0,2504 \cdot b^4; \quad (3.73)$$

$$2 - \text{при } t = 2 \text{ с; } T = 135,92 - 28,505 \cdot b + 11,097 \cdot b^2 - 2,577 \cdot b^3 + 0,3073 \cdot b^4; \quad (3.74)$$

$$3 - \text{при } t = 3 \text{ с; } T = 141,01 - 29,187 \cdot b + 10,394 \cdot b^2 - 2,104 \cdot b^3 + 0,239 \cdot b^4; \quad (3.75)$$

$$4 - \text{при } t = 4 \text{ с; } T = 145,06 - 7,628 \cdot b - 0,627 \cdot b^2 + 0,65 \cdot b^3 - 0,0911 \cdot b^4; \quad (3.76)$$

$$5 - \text{при } t = 5 \text{ с; } T = 148,13 - 5,445 \cdot b - 2,031 \cdot b^2 + 1,138 \cdot b^3 - 0,148 \cdot b^4; \quad (3.77)$$

$$6 - \text{при } t = 6 \text{ с; } T = 149,97 - 4,115 \cdot b - 1,73 \cdot b^2 + 0,911 \cdot b^3 - 0,1138 \cdot b^4. \quad (3.78)$$

Используя уравнения (3.73–3.78), построили графики, представленные на рисунке 3.17.

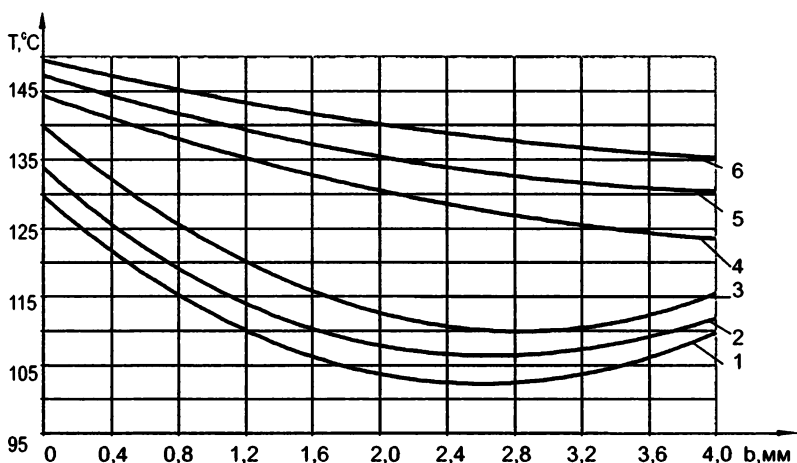


Рисунок 3.17 — Распределение температуры по толщине пакета тканей при прессовании стойки воротника: 1...3 — через 1, 2, 3 с пропаривания и прессования; 4...6 — через 4, 5, 6 с прессования

Из рисунка 3.17 видно, что:

через 1 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1=0$) $t_1 = 130^\circ\text{C}$;

на толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха верхнего воротника с клеевой прокладкой $t_2 = 116^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок $t_3 = 113^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижнего воротника $t_4 = 109^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха нижнего воротника с тканью верха верхней стойки $t_5 = 104^\circ\text{C}$;
- $b_6 = 2,7$ мм в месте контакта ткани верха верхней стойки с клеевой прокладкой $t_6 = 102^\circ\text{C}$;
- $b_7 = 3$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок стойки воротника $t_7 = 103^\circ\text{C}$;
- $b_8 = 3,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижней стойки воротника $t_8 = 104^\circ\text{C}$;
- $b_9 = 4$ мм в месте контакта ткани верха нижней стойки воротника с манекеном $t_9 = 110^\circ\text{C}$.

Через 2 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 134^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха верхнего воротника с клеевой прокладкой $t_2 = 120^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок $t_3 = 116^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижнего воротника $t_4 = 113^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха нижнего воротника с тканью верха верхней стойки $t_5 = 108^\circ\text{C}$;
- $b_6 = 2,7$ мм в месте контакта ткани верха верхней стойки с клеевой прокладкой $t_6 = 106^\circ\text{C}$;
- $b_7 = 3$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок стойки воротника $t_7 = 107^\circ\text{C}$;
- $b_8 = 3,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижней стойки воротника $t_8 = 108^\circ\text{C}$;
- $b_9 = 4$ мм в месте контакта ткани верха нижней стойки воротника с манекеном $t_9 = 112^\circ\text{C}$.

Через 3 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 140^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха верхнего воротника с клеевой прокладкой $t_2 = 127^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок $t_3 = 123^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижнего воротника $t_4 = 119^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха нижнего воротника с тканью верха верхней стойки $t_5 = 113^\circ\text{C}$;
- $b_6 = 2,7$ мм в месте контакта ткани верха верхней стойки с клеевой прокладкой $t_6 = 110^\circ\text{C}$;
- $b_7 = 3$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок стойки воротника $t_7 = 111^\circ\text{C}$;
- $b_8 = 3,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижней стойки воротника $t_8 = 112^\circ\text{C}$;
- $b_9 = 4$ мм в месте контакта ткани верха нижней стойки воротника с манекеном $t_9 = 116^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 145^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха верхнего воротника с клеевой прокладкой $t_2 = 139^\circ\text{C}$;

- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок $t_3 = 136^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижнего воротника $t_4 = 133^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха нижнего воротника с тканью верха верхней стойки $t_5 = 131^\circ\text{C}$;
- $b_6 = 2,7$ мм в месте контакта ткани верха верхней стойки с клеевой прокладкой $t_6 = 127^\circ\text{C}$;
- $b_7 = 3$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок стойки воротника $t_7 = 126^\circ\text{C}$;
- $b_8 = 3,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижней стойки воротника $t_8 = 125^\circ\text{C}$;
- $b_9 = 4$ мм в месте контакта ткани верха нижней стойки воротника с манекеном $t_9 = 124^\circ\text{C}$.

Через 5 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 147^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха верхнего воротника с клеевой прокладкой $t_2 = 143^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок $t_3 = 141^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижнего воротника $t_4 = 139^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха нижнего воротника с тканью верха верхней стойки $t_5 = 136^\circ\text{C}$;
- $b_6 = 2,7$ мм в месте контакта ткани верха верхней стойки с клеевой прокладкой $t_6 = 134^\circ\text{C}$;
- $b_7 = 3$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок стойки воротника $t_7 = 133^\circ\text{C}$;
- $b_8 = 3,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижней стойки воротника $t_8 = 132^\circ\text{C}$;
- $b_9 = 4$ мм в месте контакта ткани верха нижней стойки воротника с манекеном $t_9 = 131^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 150^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха верхнего воротника с клеевой прокладкой $t_2 = 146^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок $t_3 = 144^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижнего воротника $t_4 = 143^\circ\text{C}$;

- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха нижнего воротника с тканью верха верхней стойки $t_5 = 140^\circ\text{C}$;
- $b_6 = 2,7$ мм в месте контакта ткани верха верхней стойки с клеевой прокладкой $t_6 = 138^\circ\text{C}$;
- $b_7 = 3$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок стойки воротника $t_7 = 137^\circ\text{C}$;
- $b_8 = 3,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха нижней стойки воротника $t_8 = 136^\circ\text{C}$;
- $b_9 = 4$ мм в месте контакта ткани верха нижней стойки воротника с манекеном $t_9 = 135^\circ\text{C}$.

Верх рукавов:

- 1 – при $t = 1$ с; $T = 130,78 - 13,056 \cdot b - 7,103 \cdot b^2 + 4,106 \cdot b^3 - 0,3235 \cdot b^4$; (3.79)
- 2 – при $t = 2$ с; $T = 134,80 - 12,463 \cdot b - 9,635 \cdot b^2 + 5,502 \cdot b^3 - 0,5393 \cdot b^4$; (3.80)
- 3 – при $t = 3$ с; $T = 140,66 - 14,626 \cdot b - 10,133 \cdot b^2 + 6,092 \cdot b^3 - 0,6112 \cdot b^4$; (3.81)
- 4 – при $t = 4$ с; $T = 146,16 - 13,276 \cdot b + 5,773 \cdot b^2 - 1,971 \cdot b^3 + 0,2952 \cdot b^4$; (3.82)
- 5 – при $t = 5$ с; $T = 148,06 - 7,373 \cdot b - 1,434 \cdot b^2 + 1,135 \cdot b^3 - 0,1436 \cdot b^4$; (3.83)
- 6 – при $t = 6$ с; $T = 149,92 - 10,656 \cdot b + 5,304 \cdot b^2 - 2,366 \cdot b^3 + 0,4103 \cdot b^4$. (3.84)

Используя уравнения (3.79–3.84), построили графики, представленные на рисунке 3.18.

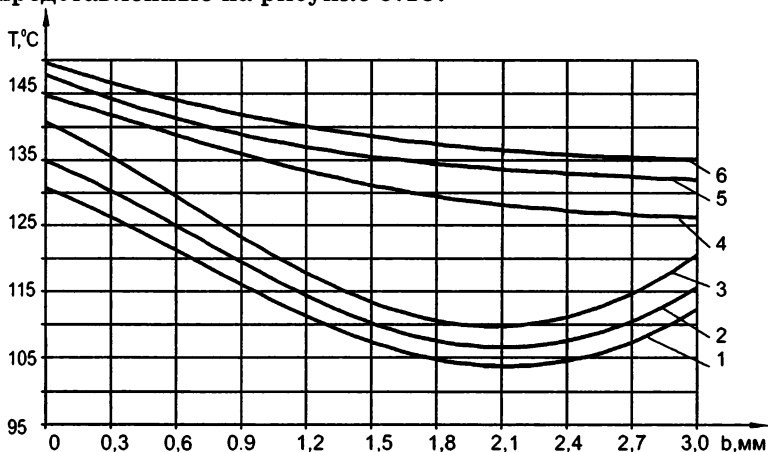


Рисунок 3.18 — Распределение температуры по толщине пакета тканей при прессовании верха рукавов: 1...3 — через 1, 2, 3 с пропаривания и прессования; 4...6 — через 4, 5, 6 с прессования

Из рисунка 3.18 видно, что:

через 1 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 131^\circ\text{C}$;

на толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха рукава с подокатником $t_2 = 120^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 2,7$ мм в месте контакта подокатника с подкладкой рукава $t_3 = 107^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 2,87$ мм в месте контакта подкладки рукава с манекеном $t_4 = 112^\circ\text{C}$.

Через 2 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 135^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха рукава с подокатником $t_2 = 124^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 2,7$ мм в месте контакта подокатника с подкладкой рукава $t_3 = 111^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 2,87$ мм в месте контакта подкладки рукава с манекеном $t_4 = 116^\circ\text{C}$.

Через 3 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 141^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха рукава с подокатником $t_2 = 127^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 2,7$ мм в месте контакта подокатника с подкладкой рукава $t_3 = 115^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 2,87$ мм в месте контакта подкладки рукава с манекеном $t_4 = 121^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 145^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха рукава с подокатником $t_2 = 138^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 2,7$ мм в месте контакта подокатника с подкладкой рукава $t_3 = 127^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 2,87$ мм в месте контакта подкладки рукава с манекеном $t_4 = 126^\circ\text{C}$.

Через 5 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 148^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха рукава с подокатником $t_2 = 140^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 2,7$ мм в месте контакта подокатника с подкладкой рукава $t_3 = 133^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 2,87$ мм в месте контакта подкладки рукава с манекеном $t_4 = 132^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 150^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха рукава с подокатником $t_2 = 143^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 2,7$ мм в месте контакта подокатника с подкладкой рукава $t_3 = 136^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 2,87$ мм в месте контакта подкладки рукава с манекеном $t_4 = 135^\circ\text{C}$.

Верх рукавов ниже подокатников:

$$1 - \text{при } t = 1 \text{ с; } T = 130,13 - 35,757 \cdot b + 0,105 \cdot b^2 + 34,975 \cdot b^3 - 1,4508 \cdot b^4; \quad (3.85)$$

$$2 - \text{при } t = 2 \text{ с; } T = 134,96 - 26,707 \cdot b - 24,300 \cdot b^2 + 44,665 \cdot b^3 - 5,6112 \cdot b^4; \quad (3.86)$$

$$3 - \text{при } t = 3 \text{ с; } T = 139,95 - 42,481 \cdot b + 48,709 \cdot b^2 - 69,465 \cdot b^3 + 51,2119 \cdot b^4; \quad (3.87)$$

$$4 - \text{при } t = 4 \text{ с; } T = 144,84 - 13,069 \cdot b - 14,108 \cdot b^2 + 35,49 \cdot b^3 - 15,9357 \cdot b^4; \quad (3.88)$$

$$5 - \text{при } t = 5 \text{ с; } T = 147,95 - 20,723 \cdot b + 32,935 \cdot b^2 - 33,981 \cdot b^3 + 14,9536 \cdot b^4; \quad (3.89)$$

$$6 - \text{при } t = 6 \text{ с; } T = 150,08 - 27,664 \cdot b + 49,344 \cdot b^2 - 46,201 \cdot b^3 + 17,5768 \cdot b^4. \quad (3.90)$$

Используя уравнения (3.85–3.90), построили графики, представленные на рисунке 3.19.

Из рисунка 3.19 видно, что:

через 1 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 130^\circ\text{C}$;

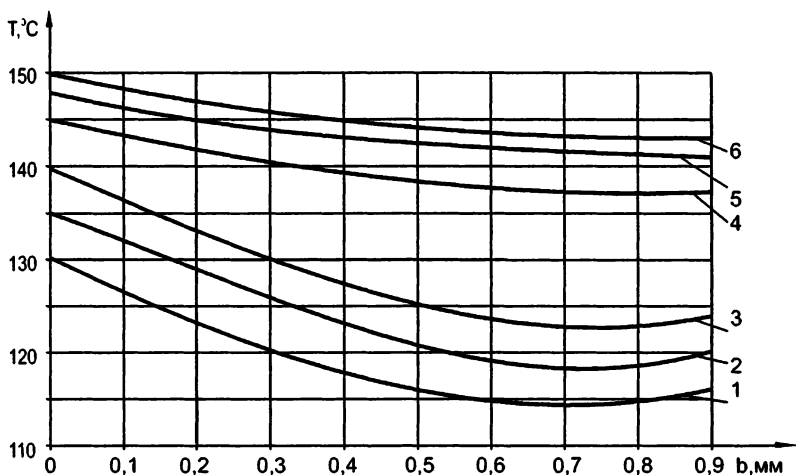


Рисунок 3.19 — *Распределение температуры по толщине пакета тканей при прессовании верха рукавов ниже подокатников:*

*1...3 — через 1, 2, 3 с пропаривания и прессования;
4...6 — через 4, 5, 6 с прессования*

на толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха рукава с подкладкой рукава $t_2 = 114^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта подкладки рукава с манекеном $t_3 = 116^\circ\text{C}$.

Через 2 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 135^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха рукава с подкладкой рукава $t_2 = 118^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта подкладки рукава с манекеном $t_3 = 120^\circ\text{C}$.

Через 3 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 140^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха рукава с подкладкой рукава $t_2 = 123^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта подкладки рукава с манекеном $t_3 = 124^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1=0$) $t_1 = 145^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2=0,7$ мм в месте контакта ткани верха рукава с подкладкой рукава $t_2 = 137^\circ\text{C}$;
- $b_3=0,85$ мм в месте контакта подкладки рукава с манекеном $t_3 = 136^\circ\text{C}$.

Через 5 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 148^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха рукава с подкладкой рукава $t_2 = 142^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта подкладки рукава с манекеном $t_3 = 141^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 150^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха рукава с подкладкой рукава $t_2 = 144^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта подкладки рукава с манекеном $t_3 = 143^\circ\text{C}$.

Клапаны карманов:

$$1 - \text{при } t = 1 \text{ с; } T=133,20-38,936\cdot b+23,414\cdot b^2+0,012\cdot b^3-3,0409\cdot b^4; \quad (3.91)$$

$$2 - \text{при } t = 2 \text{ с; } T=136,18-24,888\cdot b-12,880\cdot b^2+35,639\cdot b^3-14,6566\cdot b^4; \quad (3.92)$$

$$3 - \text{при } t = 3 \text{ с; } T=139,71-21,022\cdot b-8,774\cdot b^2+19,840\cdot b^3-6,3248\cdot b^4; \quad (3.93)$$

$$4 - \text{при } t = 4 \text{ с; } T=144,84-16,192\cdot b+10,700\cdot b^2-4,334\cdot b^3+1,2955\cdot b^4; \quad (3.94)$$

$$5 - \text{при } t = 5 \text{ с; } T=148,09-13,896\cdot b-2,900\cdot b^2+15,519\cdot b^3-7,2924\cdot b^4; \quad (3.95)$$

$$6 - \text{при } t = 6 \text{ с; } T=150,16-11,700\cdot b-13,149\cdot b^2+34,861\cdot b^3-16,6876\cdot b^4. \quad (3.96)$$

Используя уравнения (3.91–3.96), построили графики, представленные на рисунке 3.20.

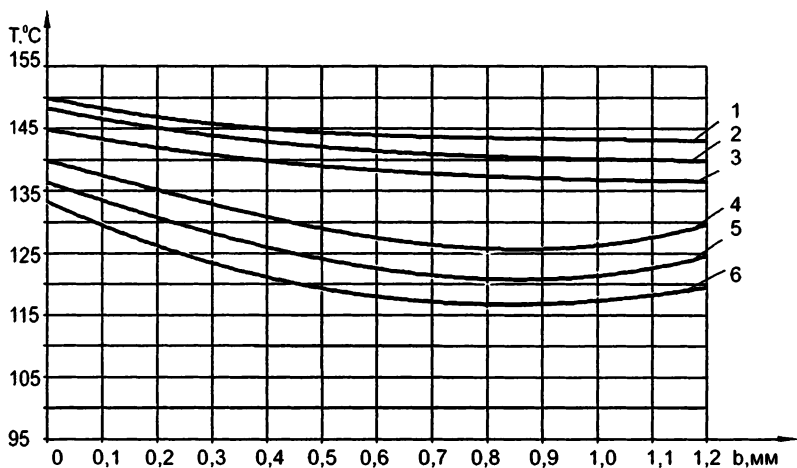


Рисунок 3.20 — *Распределение температуры по толщине пакета тканей при прессовании клапанов карманов: 1...3 — через 1, 2, 3 с пропаривания и прессования; 4...6 — через 4, 5, 6 с прессования*

Из рисунка 3.20 видно, что:

через 1 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 134^\circ\text{C}$;

на толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха клапана кармана с клеевой прокладкой $t_2 = 117^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевой прокладки с подкладкой кармана $t_3 = 114^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,15$ мм в месте контакта ткани подкладки кармана с манекеном $t_4 = 113^\circ\text{C}$.

Через 2 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1=0$) $t_1 = 136^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха клапана кармана с клеевой прокладкой $t_2 = 121^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевой прокладки с подкладкой кармана $t_3 = 119^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,15$ мм в месте контакта ткани подкладки кармана с манекеном $t_4 = 118^\circ\text{C}$.

Через 3 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1=0$) $t_1 = 140^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха клапана кармана с клеевой прокладкой $t_2 = 126^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевой прокладки с подкладкой кармана $t_3 = 124^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,15$ мм в месте контакта ткани подкладки кармана с манекеном $t_4 = 123^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 145^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха клапана кармана с клеевой прокладкой $t_2 = 137^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевой прокладки с подкладкой кармана $t_3 = 135^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,15$ мм в месте контакта ткани подкладки кармана с манекеном $t_4 = 134^\circ\text{C}$.

Через 5 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 147^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха клапана кармана с клеевой прокладкой $t_2 = 139^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевой прокладки с подкладкой кармана $t_3 = 138^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,15$ мм в месте контакта ткани подкладки кармана с манекеном $t_4 = 137^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 150^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха клапана кармана с клеевой прокладкой $t_2 = 144^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевой прокладки с подкладкой кармана $t_3 = 142^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,15$ мм в месте контакта ткани подкладки кармана с манекеном $t_4 = 141^\circ\text{C}$.

Плечевые окаты:

$$1 - \text{при } t = 1 \text{ с; } T = 121,69 - 18,979 \cdot b + 5,382 \cdot b^2 - 0,654 \cdot b^3 + 0,0284 \cdot b^4; \quad (3.97)$$

$$2 - \text{при } t = 2 \text{ с; } T = 129,04 - 16,838 \cdot b + 3,965 \cdot b^2 - 0,424 \cdot b^3 + 0,0166 \cdot b^4; \quad (3.98)$$

$$3 - \text{при } t = 3 \text{ с; } T = 140,68 - 20,117 \cdot b + 4,471 \cdot b^2 - 0,458 \cdot b^3 + 0,0175 \cdot b^4; \quad (3.99)$$

$$4 - \text{при } t = 4 \text{ с; } T = 144,58 - 6,047 \cdot b - 0,176 \cdot b^2 + 0,091 \cdot b^3 - 0,0049 \cdot b^4; \quad (3.100)$$

$$5 - \text{при } t = 5 \text{ с; } T = 147,79 - 7,471 \cdot b + 0,525 \cdot b^2 - 0,029 \cdot b^3 + 0,0018 \cdot b^4; \quad (3.101)$$

$$6 - \text{при } t = 6 \text{ с; } T = 149,75 - 7,418 \cdot b + 0,606 \cdot b^2 - 0,051 \cdot b^3 + 0,0031 \cdot b^4. \quad (3.102)$$

Используя уравнения (3.97–3.102), построили графики, представленные на рисунке 3.21.

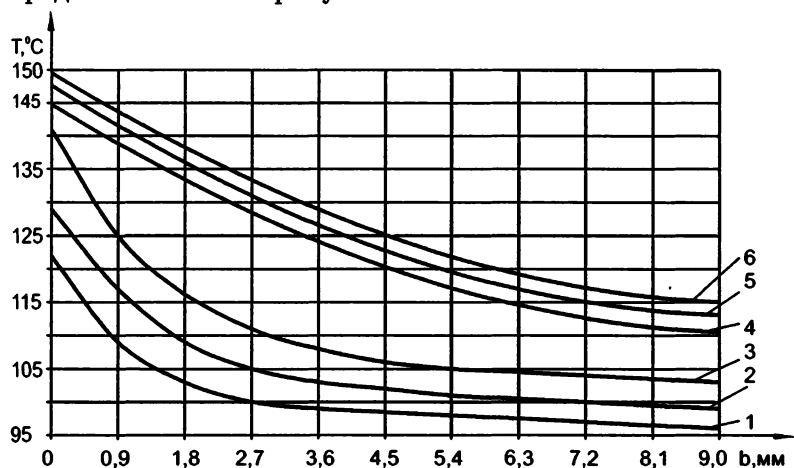


Рисунок 3.21 — Распределение температуры по толщине пакета тканей при прессовании плечевых окатов:
1...3 — через 1, 2, 3 с пропаривания и прессования; 4...6 — через 4, 5, 6 с прессования

Из рисунка 3.21 видно, что:

через 1 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 122^\circ\text{C}$;

на толщинах пакета тканей в точках:

— $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха с клеевой прокладкой $t_2 = 111^\circ\text{C}$;

— $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевой прокладки с плечевой накладкой $t_3 = 108^\circ\text{C}$;

— $b_4 = 9$ мм в месте контакта плечевой накладки с подкладкой $t_4 = 96^\circ\text{C}$;

— $b_5 = 9,15$ мм в месте контакта ткани подкладки с манекеном $t_5 = 96^\circ\text{C}$.

Через 2 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 129^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха с клеевой прокладкой $t_2 = 119^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевой прокладки с плечевой накладкой $t_3 = 116^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 9$ мм в месте контакта плечевой накладки с подкладкой $t_4 = 99^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 9,15$ мм в месте контакта ткани подкладки с манекеном $t_5 = 99^\circ\text{C}$.

Через 3 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 141^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха с клеевой прокладкой $t_2 = 127^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевой прокладки с плечевой накладкой $t_3 = 124^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 9$ мм в месте контакта плечевой накладки с подкладкой $t_4 = 103^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 9,15$ мм в месте контакта ткани подкладки с манекеном $t_5 = 103^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 145^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха с клеевой прокладкой $t_2 = 140^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевой прокладки с плечевой накладкой $t_3 = 137^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 9$ мм в месте контакта плечевой накладки с подкладкой $t_4 = 111^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 9,15$ мм в месте контакта ткани подкладки с манекеном $t_5 = 111^\circ\text{C}$.

Через 5 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 148^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха с клеевой прокладкой $t_2 = 143^\circ\text{C}$;

- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевой прокладки с плечевой накладкой $t_3 = 141^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 9$ мм в месте контакта плечевой накладки с подкладкой $t_4 = 113^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 9,15$ мм в месте контакта ткани подкладки с манекеном $t_5 = 113^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 150^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха с клеевой прокладкой $t_2 = 145^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта клеевой прокладки с плечевой накладкой $t_3 = 143^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 9$ мм в месте контакта плечевой накладки с подкладкой $t_4 = 115^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 9,15$ мм в месте контакта ткани подкладки с манекеном $t_5 = 115^\circ\text{C}$.

Лацканы:

- | | | |
|--------------------|--|---------|
| 1 — при $t = 1$ с; | $T = 135,19 - 28,015 \cdot b - 3,080 \cdot b^2 + 10,951 \cdot b^3 - 3,0959 \cdot b^4;$ | (3.103) |
| 2 — при $t = 2$ с; | $T = 137,22 - 23,425 \cdot b - 6,430 \cdot b^2 + 11,727 \cdot b^3 - 3,0959 \cdot b^4;$ | (3.104) |
| 3 — при $t = 3$ с; | $T = 139,92 - 24,311 \cdot b + 3,695 \cdot b^2 + 1,967 \cdot b^3 - 0,5464 \cdot b^4;$ | (3.105) |
| 4 — при $t = 4$ с; | $T = 144,88 - 6,671 \cdot b - 9,964 \cdot b^2 + 8,450 \cdot b^3 - 1,8213 \cdot b^4;$ | (3.106) |
| 5 — при $t = 5$ с; | $T = 148,10 - 11,519 \cdot b - 3,271 \cdot b^2 + 5,173 \cdot b^3 - 1,2751 \cdot b^4;$ | (3.107) |
| 6 — при $t = 6$ с; | $T = 149,97 - 15,246 \cdot b + 6,299 \cdot b^2 - 0,848 \cdot b^3 - 0,1828 \cdot b^4.$ | (3.108) |

Используя уравнения (3.103–3.108), построили графики, представленные на рисунке 3.22.

Из рисунка 3.22 видно, что:

через 1 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 135^\circ\text{C}$;

на толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха лацкана с клеевой прокладкой $t_2 = 117^\circ\text{C}$;

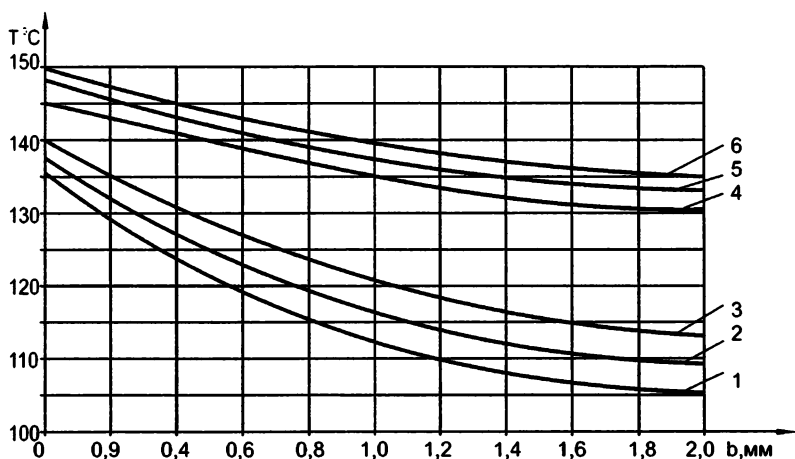


Рисунок 3.22 — Распределение температуры по толщине пакета тканей при прессовании лацканов:

1...3 — через 1, 2, 3 с пропаривания и прессования; 4...6 — через 4, 5, 6 с прессования

- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок с плечевой накладкой $t_3 = 113^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха $t_4 = 108^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха с манекеном $t_5 = 105^\circ\text{C}$.

Через 2 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 137^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха лацкана с клеевой прокладкой $t_2 = 121^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок с плечевой накладкой $t_3 = 116^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха $t_4 = 113^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха с манекеном $t_5 = 109^\circ\text{C}$.

Через 3 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 140^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха лацкана с клеевой прокладкой $t_2 = 125^\circ\text{C}$;

- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок с плечевой накладкой $t_3 = 121^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха $t_4 = 117^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха с манекеном $t_5 = 113^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1=0$) $t_1 = 145^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха лацкана с клеевой прокладкой $t_2 = 138^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок с плечевой накладкой $t_3 = 135^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха $t_4 = 133^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха с манекеном $t_5 = 131^\circ\text{C}$.

Через 5 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 148^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха лацкана с клеевой прокладкой $t_2 = 140^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок с плечевой накладкой $t_3 = 137^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха $t_4 = 135^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха с манекеном $t_5 = 133^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала прессования температура поверхности ткани верха, контактирующей с верхней подушкой, ($b_1 = 0$) $t_1 = 150^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,7$ мм в месте контакта ткани верха лацкана с клеевой прокладкой $t_2 = 142^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 1$ мм в месте контакта двух клеевых прокладок с плечевой накладкой $t_3 = 139^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,3$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха $t_4 = 138^\circ\text{C}$;
- $b_5 = 2$ мм в месте контакта ткани верха с манекеном $t_5 = 135^\circ\text{C}$.

3.2.2. Зависимость температуры от времени по толщинам пакетов тканей

Стойка воротника:

- | | | |
|------------------------|--|---------|
| 1 – при $b = 0$ мм; | $T = 122,98 + 7,53 \cdot t - 0,514 \cdot t^2 + 0,0029 \cdot t^3 - 0,0002 \cdot t^4;$ | (3.109) |
| 2 – при $b = 0,4$ мм; | $T = 126,01 - 8,38 \cdot t + 5,015 \cdot t^2 - 0,5032 \cdot t^3 + 0,00024 \cdot t^4;$ | (3.110) |
| 3 – при $b = 0,8$ мм; | $T = 118,02 - 7,67 \cdot t + 4,066 \cdot t^2 - 0,0886 \cdot t^3 - 0,04128 \cdot t^4;$ | (3.111) |
| 4 – при $b = 1,2$ мм; | $T = 120,03 - 17,11 \cdot t + 8,197 \cdot t^2 - 0,7843 \cdot t^3 + 0,00048 \cdot t^4;$ | (3.112) |
| 5 – при $b = 1,6$ мм; | $T = 118,87 - 19,14 \cdot t + 8,239 \cdot t^2 - 0,6145 \cdot t^3 - 0,02025 \cdot t^4;$ | (3.113) |
| 6 – при $b = 2$ мм; | $T = 111,04 - 10,8 \cdot t + 3,953 \cdot t^2 + 0,2699 \cdot t^3 - 0,08276 \cdot t^4;$ | (3.114) |
| 7 – при $b = 2,4$ мм; | $T = 115,7 - 20,73 \cdot t + 9,229 \cdot t^2 - 0,8593 \cdot t^3 + 0,00054 \cdot t^4;$ | (3.115) |
| 8 – при $b = 2,8$ мм; | $T = 114,7 - 20,73 \cdot t + 9,23 \cdot t^2 - 0,8593 \cdot t^3 + 0,00054 \cdot t^4;$ | (3.116) |
| 9 – при $b = 3,2$ мм; | $T = 110,36 - 11,89 \cdot t + 4,956 \cdot t^2 - 0,1259 \cdot t^3 - 0,04126 \cdot t^4;$ | (3.117) |
| 10 – при $b = 3,6$ мм; | $T = 109,17 - 5,94 \cdot t + 3,014 \cdot t^2 - 0,0895 \cdot t^3 - 0,02071 \cdot t^4;$ | (3.118) |
| 11 – при $b = 4$ мм; | $T = 108,15 + 1,61 \cdot t + 0,081 \cdot t^2 + 0,1916 \cdot t^3 - 0,02095 \cdot t^4.$ | (3.119) |

Используя уравнения (3.109–3.119), построили графики, представленные на рисунках 3.23 и 3.24.

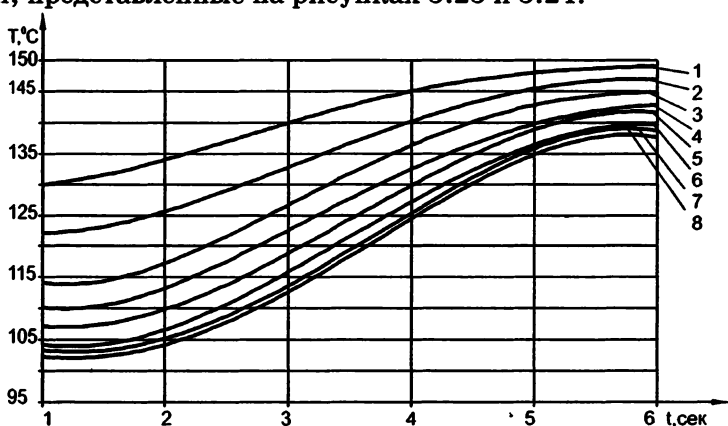


Рисунок 3.23 — Распределение температуры во времени по толщине пакета тканей при прессовании стойки воротника:
1 – на лицевой поверхности; 2...8 – на толщинах
(0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2; 2,4; 2,8 мм)

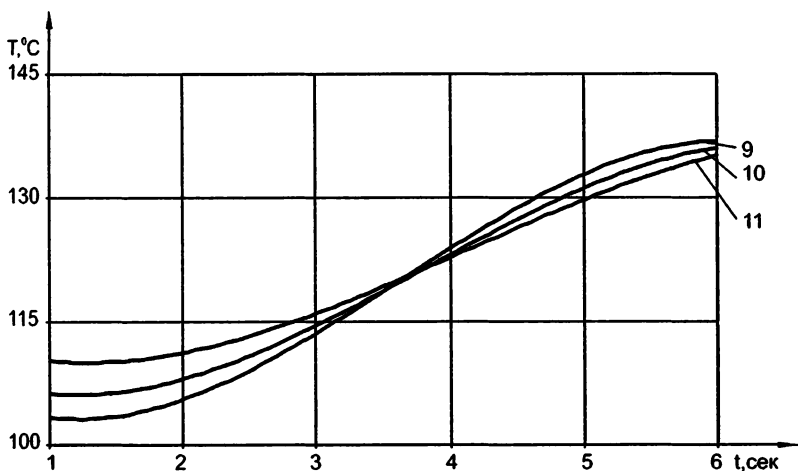


Рисунок 3.24 — Распределение температуры во времени по толщине пакета тканей при прессовании стойки воротника: 9...11 — на толщинах (3,2; 3,6; 4 мм)

Верх рукавов:

- | | |
|------------------------|---|
| 1 — при $b = 0$ мм; | $T = 136,33 - 12,97 \cdot t + 9,426 \cdot t^2 - 1,8972 \cdot t^3 + 0,12493 \cdot t^4;$ (3.120) |
| 2 — при $b = 0,3$ мм; | $T = 128,51 - 6,57 \cdot t + 4,778 \cdot t^2 - 0,6544 \cdot t^3 + 0,02095 \cdot t^4;$ (3.121) |
| 3 — при $b = 0,6$ мм; | $T = 124,68 - 7,66 \cdot t + 4,624 \cdot t^2 - 0,4658 \cdot t^3 + 0,00021 \cdot t^4;$ (3.122) |
| 4 — при $b = 0,9$ мм; | $T = 125,19 - 16,23 \cdot t + 8,156 \cdot t^2 - 0,9543 \cdot t^3 + 0,02121 \cdot t^4;$ (3.123) |
| 5 — при $b = 1,2$ мм; | $T = 124,04 - 19,62 \cdot t + 8,784 \cdot t^2 - 0,8406 \cdot t^3 + 0,00053 \cdot t^4;$ (3.124) |
| 6 — при $b = 1,5$ мм; | $T = 122,04 - 22,64 \cdot t + 9,957 \cdot t^2 - 0,9531 \cdot t^3 + 0,00063 \cdot t^4;$ (3.125) |
| 7 — при $b = 1,8$ мм; | $T = 123,39 - 31,48 \cdot t + 14,231 \cdot t^2 - 1,6866 \cdot t^3 + 0,04243 \cdot t^4;$ (3.126) |
| 8 — при $b = 2,1$ мм; | $T = 119,05 - 25,66 \cdot t + 11,131 \cdot t^2 - 1,0657 \cdot t^3 + 0,00073 \cdot t^4;$ (3.127) |
| 9 — при $b = 2,4$ мм; | $T = 123,88 - 30,99 \cdot t + 14,244 \cdot t^2 - 1,8376 \cdot t^3 + 0,06314 \cdot t^4;$ (3.128) |
| 10 — при $b = 2,7$ мм; | $T = 114,02 - 11,23 \cdot t + 6,066 \cdot t^2 - 0,6293 \cdot t^3 + 0,00448 \cdot t^4;$ (3.129) |
| 11 — при $b = 3$ мм; | $T = 120,34 - 16,09 \cdot t + 9,315 \cdot t^2 - 1,5389 \cdot t^3 + 0,08347 \cdot t^4.$ (3.130) |

Используя уравнения (3.120 – 3.130), построили графики, представленные на рисунках 3.25 и 3.26.

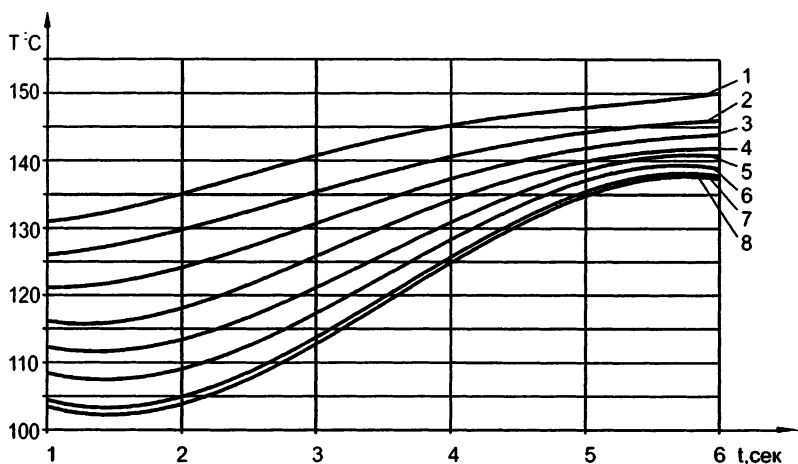


Рисунок 3.25 — *Распределение температуры во времени по толщине пакета тканей при прессовании верха рукавов:*
1 — на лицевой поверхности; **2...8** — на толщинах
(0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5; 1,8; 2,1 мм)

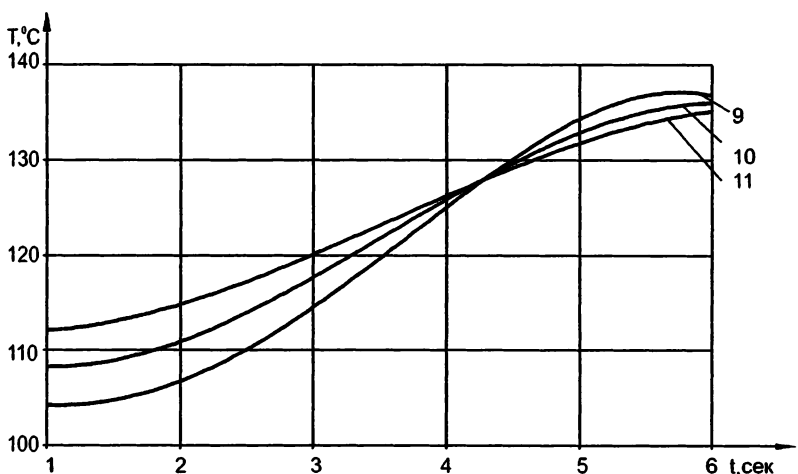


Рисунок 3.26 — *Распределение температуры во времени по толщине пакета тканей при прессовании верха рукавов:*
9...11 — на толщинах *(2,4; 2,7; 3 мм)*

Верх рукавов ниже подокатников:

1 — при $b = 0$ мм; $T = 127,16 + 1,19 \cdot t + 2,040 \cdot t^2 - 0,3919 \cdot t^3 + 0,02072 \cdot t^4;$ (3.131)

2 — при $b = 0,1$ мм; $T = 123,49 + 3,20 \cdot t + 0,09 \cdot t^2 + 0,0978 \cdot t^3 - 0,02086 \cdot t^4;$ (3.132)

3 — при $b = 0,2$ мм; $T = 117,50 + 6,60 \cdot t - 1,476 \cdot t^2 + 0,5685 \cdot t^3 - 0,06242 \cdot t^4;$ (3.133)

4 - при $b = 0,3$ мм; $T = 116,51 + 3,58 \cdot t - 0,302 \cdot t^2 + 0,4560 \cdot t^3 - 0,06232 \cdot t^4;$ (3.134)

5 - при $b = 0,4$ мм; $T = 118,43 - 2,76 \cdot t + 2,552 \cdot t^2 - 0,0424 \cdot t^3 - 0,03102 \cdot t^4;$ (3.135)

6 - при $b = 0,5$ мм; $T = 114,60 + 1,40 \cdot t - 0,436 \cdot t^2 + 0,7296 \cdot t^3 - 0,09344 \cdot t^4;$ (3.136)

7 - при $b = 0,6$ мм; $T = 119,94 - 9,21 \cdot t + 4,730 \cdot t^2 - 0,2392 \cdot t^3 - 0,03086 \cdot t^4;$ (3.137)

8 - при $b = 0,7$ мм; $T = 118,61 - 7,93 \cdot t + 3,523 \cdot t^2 + 0,1055 \cdot t^3 - 0,05997 \cdot t^4;$ (3.138)

9 - при $b = 0,8$ мм; $T = 119,14 - 7,45 \cdot t + 3,579 \cdot t^2 + 0,0055 \cdot t^3 - 0,04754 \cdot t^4;$ (3.139)

10 - при $b = 0,9$ мм; $T = 119,35 - 6,37 \cdot t + 3,284 \cdot t^2 - 0,0136 \cdot t^3 - 0,04135 \cdot t^4.$ (3.140)

Используя уравнения (3.131–3.140), построили графики, представленные на рисунках 3.27 и 3.28.

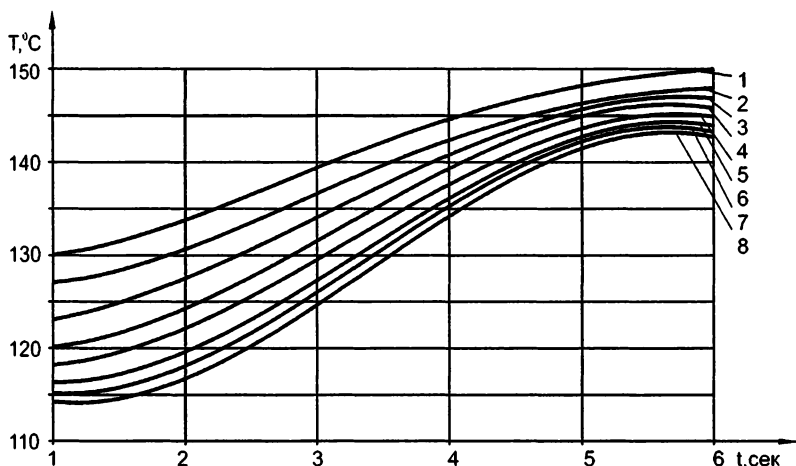


Рисунок 3.27 — Распределение температуры по толщине пакета тканей при прессовании верха рукавов ниже подокатников:

1 - на лицевой части поверхности;

2...8 - на толщинах (0,1–0,7 мм)

Клапаны карманов:

1 - при $b = 0$ мм; $T = 1,66 + 210,51 \cdot t - 106,034362792 \cdot t^2 + 21,4824 \cdot t^3 - 1,49622 \cdot t^4;$ (3.141)

2 - при $b = 0,1$ мм; $T = 1,55 + 204,58 \cdot t - 103,007850646 \cdot t^2 + 20,9344 \cdot t^3 - 1,46213 \cdot t^4;$ (3.142)

3 - при $b = 0,2$ мм; $T = 1,66 + 200 \cdot t - 100,5646514892 \cdot t^2 + 20,4420 \cdot t^3 - 1,42804 \cdot t^4;$ (3.143)

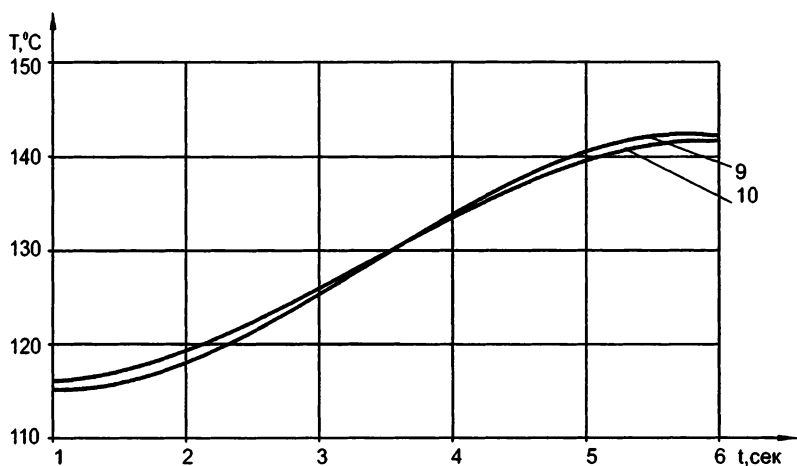


Рисунок 3.28 — Распределение температуры во времени по толщине пакета тканей при прессовании верха рукавов ниже подокатников: 9, 10 — на толщинах (0,8; 0,9 мм)

- 4 — при $b = 0,3$ мм; $T = 1,63 + 195,75 \cdot t - 98,898 \cdot t^2 + 20,2753 \cdot t^3 - 1,42804 \cdot t^4;$ (3.144)
- 5 — при $b = 0,4$ мм; $T = 1,62 + 191,14 \cdot t - 96,917 \cdot t^2 + 20,0001 \cdot t^3 - 1,41667 \cdot t^4;$ (3.145)
- 6 — при $b = 0,5$ мм; $T = 1,50 + 185,90 \cdot t - 93,246 \cdot t^2 + 19,1440 \cdot t^3 - 1,35228 \cdot t^4;$ (3.146)
- 7 — при $b = 0,6$ мм; $T = 1,57 + 183,52 \cdot t - 92,032 \cdot t^2 + 18,8998 \cdot t^3 - 1,33448 \cdot t^4;$ (3.147)
- 8 — при $b = 0,7$ мм; $T = 1,57 + 181,89 \cdot t - 91,239 \cdot t^2 + 18,7574 \cdot t^3 - 1,32538 \cdot t^4;$ (3.148)
- 9 — при $b = 0,8$ мм; $T = 1,56 + 180,23 \cdot t - 90,414 \cdot t^2 + 18,6041 \cdot t^3 - 1,31516 \cdot t^4;$ (3.149)
- 10 — при $b = 0,9$ мм; $T = 1,56 + 181,74 \cdot t - 90,958 \cdot t^2 + 18,6344 \cdot t^3 - 1,31213 \cdot t^4;$ (3.150)
- 11 — при $b = 1$ мм; $T = 1,56 + 183,19 \cdot t - 91,440 \cdot t^2 + 18,6465 \cdot t^3 - 1,30758 \cdot t^4;$ (3.151)
- 12 — при $b = 1,1$ мм; $T = 1,56 + 184,56 \cdot t - 91,830 \cdot t^2 + 18,6296 \cdot t^3 - 1,30038 \cdot t^4;$ (3.152)
- 13 — при $b = 1,2$ мм; $T = 1,56 + 186,05 \cdot t - 95,390 \cdot t^2 + 18,6743 \cdot t^3 - 1,29925 \cdot t^4.$ (3.153)

Используя уравнения (3.141–3.153), построили графики, представленные на рисунках 3.29 и 3.30.

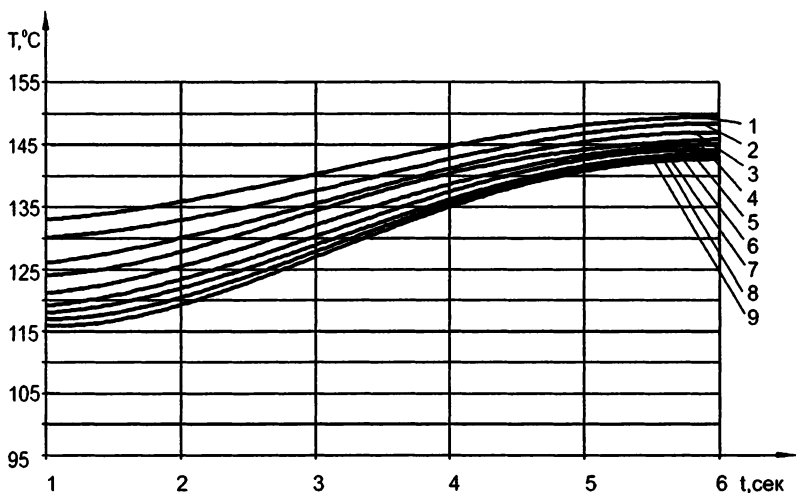


Рисунок 3.29 — Распределение температуры во времени по толщине пакета тканей при прессовании клапанов карманов: 1 — на лицевой поверхности; 2...13 — на толщинах 0,1–0,8 мм

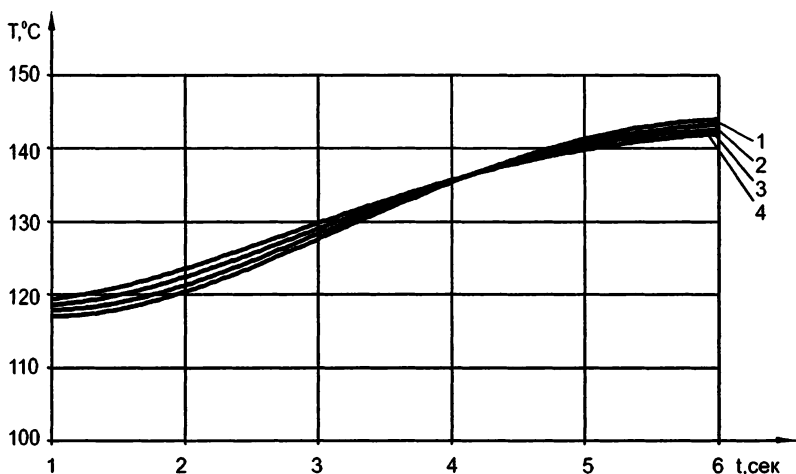


Рисунок 3.30 — Распределение температуры во времени по толщине пакета тканей при прессовании клапанов карманов: 1...4 — на толщинах (0,9; 1; 1,1; 1,2 мм)

Плечевые окаты:

1 — при $b = 0$ мм; $T = 130,50 - 22,85 \cdot t + 17,850 \cdot t^2 - 3,8739 \cdot t^3 + 0,27074 \cdot t^4;$ (3.154)

2 — при $b = 0,9$ мм; $T = 108,51 - 6,68 \cdot t + 7,576 \cdot t^2 - 1,2945 \cdot t^3 + 0,06271 \cdot t^4;$ (3.155)

3 — при $b = 1,8$ мм; $T = 111,03 - 21,85 \cdot t + 14,404 \cdot t^2 - 2,4228 \cdot t^3 + 0,12543 \cdot t^4;$ (3.156)

$$4 - \text{при } b = 2,7 \text{ мм}; \quad T = 111,87 - 24,55 \cdot t + 14,108 \cdot t^2 - 2,1965 \cdot t^3 + 0,10464 \cdot t^4; \quad (3.157)$$

$$5 - \text{при } b = 3,6 \text{ мм}; \quad T = 106,20 - 15,42 \cdot t + 8,495 \cdot t^2 - 1,0110 \cdot t^3 + 0,02129 \cdot t^4; \quad (3.158)$$

$$6 - \text{при } b = 4,5 \text{ мм}; \quad T = 100,52 - 7,37 \cdot t + 4,418 \cdot t^2 - 0,2964 \cdot t^3 - 0,02049 \cdot t^4; \quad (3.159)$$

$$7 - \text{при } b = 5,4 \text{ мм}; \quad T = 104,02 - 14,11 \cdot t + 8,323 \cdot t^2 - 1,2643 \cdot t^3 + 0,05856 \cdot t^4; \quad (3.160)$$

$$8 - \text{при } b = 6,3 \text{ мм}; \quad T = 99,09 - 5,89 \cdot t + 3,943 \cdot t^2 - 0,4158 \cdot t^3 + 0,00226 \cdot t^4; \quad (3.161)$$

$$9 - \text{при } b = 7,2 \text{ мм}; \quad T = 101,68 - 10,89 \cdot t + 6,754 \cdot t^2 - 1,0540 \cdot t^3 + 0,05015 \cdot t^4; \quad (3.162)$$

$$10 - \text{при } b = 8,1 \text{ мм}; \quad T = 101,93 - 11,58 \cdot t + 7,051 \cdot t^2 - 1,1274 \cdot t^3 + 0,05639 \cdot t^4; \quad (3.163)$$

$$11 - \text{при } b = 9,0 \text{ мм}; \quad T = 98,84 - 6,45 \cdot t + 4,249 \cdot t^2 - 0,5799 \cdot t^3 + 0,02093 \cdot t^4. \quad (3.164)$$

Используя уравнения (3.154–3.164), построили графики, представленные на рисунке 3.31.

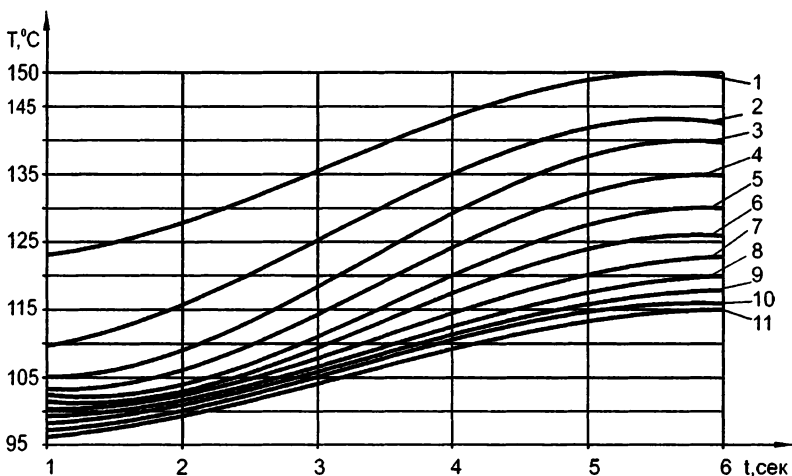


Рисунок 3.31 — Распределение температуры во времени по толщине пакета тканей при прессовании плечевых окатов:
1 — на лицевой поверхности; 2...10 — на толщинах (0,9; 1,8; 2,7; 3,6; 4,5; 5,4; 6,3; 7,2; 8,1; 9 мм)

Лацканы:

$$1 - \text{при } b = 0 \text{ мм}; \quad T = 136,33 - 3,22 \cdot t + 2,135 \cdot t^2 - 0,2030 \cdot t^3 - 0,00004 \cdot t^4; \quad (3.165)$$

- 2 - при $b = 0,2$ мм; $T = 127,67 + 3,70 \cdot t - 1,968 \cdot t^2 + 0,8137 \cdot t^3 - 0,08324 \cdot t^4$; (3.166)
- 3 - при $b = 0,4$ мм; $T = 132,18 - 15,28 \cdot t + 8,519 \cdot t^2 - 1,3127 \cdot t^3 + 0,06268 \cdot t^4$; (3.167)
- 4 - при $b = 0,6$ мм; $T = 126,02 - 13,48 \cdot t + 7,724 \cdot t^2 - 1,0867 \cdot t^3 + 0,04191 \cdot t^4$; (3.168)
- 5 - при $b = 0,8$ мм; $T = 125,69 - 20,02 \cdot t + 11,215 \cdot t^2 - 1,7452 \cdot t^3 + 0,08365 \cdot t^4$; (3.169)
- 6 - при $b = 1$ мм; $T = 122,86 - 19,60 \cdot t + 10,475 \cdot t^2 - 1,5003 \cdot t^3 + 0,06285 \cdot t^4$; (3.170)
- 7 - при $b = 1,2$ мм; $T = 120,19 - 18,82 \cdot t + 10,279 \cdot t^2 - 1,4816 \cdot t^3 + 0,06284 \cdot t^4$; (3.171)
- 8 - при $b = 1,4$ мм; $T = 117,53 - 16,81 \cdot t + 8,548 \cdot t^2 - 0,9919 \cdot t^3 + 0,02125 \cdot t^4$; (3.172)
- 9 - при $b = 1,6$ мм; $T = 118,20 - 19,72 \cdot t + 10,098 \cdot t^2 - 1,3024 \cdot t^3 + 0,04210 \cdot t^4$; (3.173)
- 10 - при $b = 1,8$ мм; $T = 117,28 - 19,68 \cdot t + 9,896 \cdot t^2 - 1,2081 \cdot t^3 + 0,03174 \cdot t^4$; (3.174)
- 11 - при $b = 2,0$ мм; $T = 114,70 - 16,72 \cdot t + 8,145 \cdot t^2 - 0,8034 \cdot t^3 + 0,00052 \cdot t^4$. (3.175)

Используя уравнения (3.165–3.175), построили графики, представленные на рисунке 3.32.

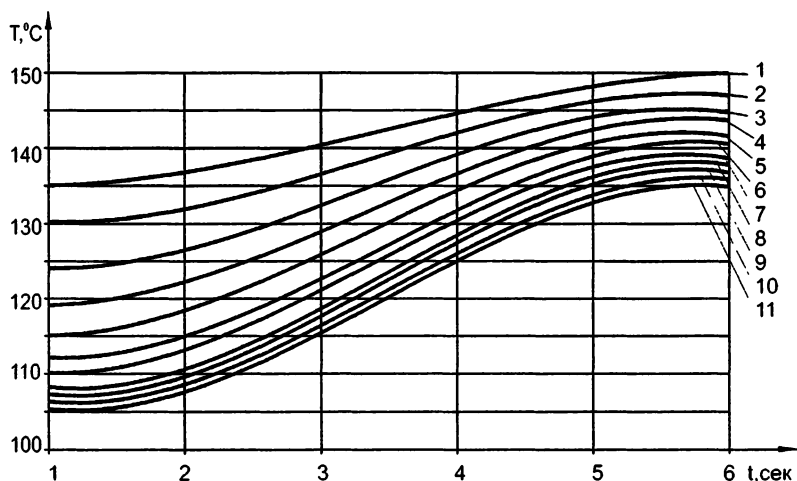


Рисунок 3.32 — Распределение температуры во времени по толщине пакета тканей при прессовании лацканов: 1 — на лицевой поверхности; 2...11 — на толщинах (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2 мм)

3.3. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВИБРОФОРМОВАНИИ

Виброформование спинки и полочек швейного изделия проводилось одновременно с пропариванием изделия со стороны манекена в течение 6 сек. и последующим воздействием нагретым воздухом и вибрацией в течение 8 сек. Заключительным этапом обработки является предварительная сушка (удаление конденсата) в процессе виброформования в течение 4 сек. При этом температура пара — $T_{\text{пара}} \geq 135^\circ\text{C}$, температура манекена — $T_m \geq 110^\circ\text{C}$ [12].

Результаты экспериментальных исследований распределения температуры по толщинам пакетов тканей спинки и полочек, обработанные методом наименьших квадратов на ПК, позволили получить уравнения регрессии в виде полиномов 4-й степени и построить соответствующие графики. При этом приведенные ниже уравнения регрессии позволяют определять температуру в различных точках по толщине пакетов тканей во времени виброформования, а графики зависимостей — устанавливать характер распределения температуры при вибровоздействии.

3.3.1. Зависимость температуры от толщины пакетов тканей

В процессе пропаривания спинки:

$$1 - \text{при } t = 1 \text{ с}; \quad T = 98,02 - 29,269 \cdot b - 19,539 \cdot b^2 + 76,265 \cdot b^3 - 46,4752426 \cdot b^4; \quad (3.176)$$

$$2 - \text{при } t = 2 \text{ с}; \quad T = 109,13 - 34,427 \cdot b - 15,034 \cdot b^2 + 81,286 \cdot b^3 - 52,2868194 \cdot b^4; \quad (3.177)$$

$$3 - \text{при } t = 3 \text{ с}; \quad T = 118,92 - 36,319 \cdot b - 7,921 \cdot b^2 + 47,163 \cdot b^3 - 24,58852005 \cdot b^4; \quad (3.178)$$

$$4 - \text{при } t = 4 \text{ с}; \quad T = 127,11 - 47,568 \cdot b + 22,625 \cdot b^2 + 1,692 \cdot b^3 - 1,2695 \cdot b^4; \quad (3.179)$$

$$5 - \text{при } t = 5 \text{ с}; \quad T = 133,95 - 47,131 \cdot b - 2,510 \cdot b^2 + 43,438 \cdot b^3 - 21,65600013 \cdot b^4; \quad (3.180)$$

$$6 - \text{при } t = 6 \text{ с}; \quad T = 139,83 - 55,485 \cdot b + 21,507 \cdot b^2 + 2,243 \cdot b^3 + 1,6613 \cdot b^4. \quad (3.181)$$

Используя уравнения (3.176) – (3.181), построили графики, представленные на рисунке 3.33.

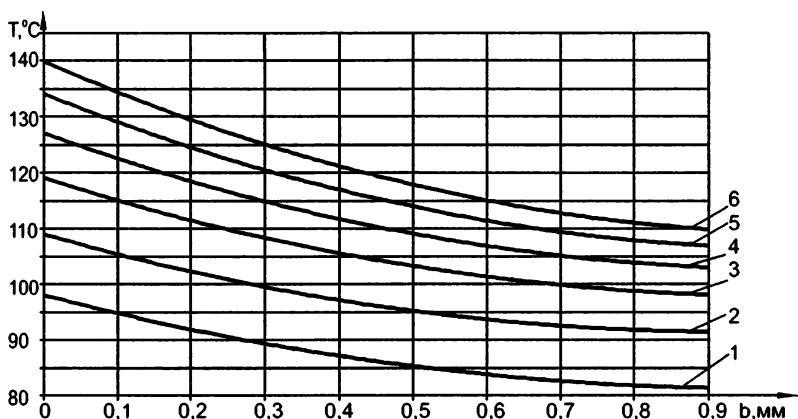


Рисунок 3.33 — Распределение температуры по толщине пакета тканей в процессе пропаривания при виброформовании спинки:

1...6 — через 1, 2, 3, 4, 5, 6 с пропаривания и виброформования

Из рис. 3.33 видно, что:

через 1 с после начала пропаривания и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 98^\circ\text{C}$;

на толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 93^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с верхней подушкой $t_3 = 81^\circ\text{C}$.

Через 2 с после начала пропаривания и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 109^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 104^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с верхней подушкой $t_3 = 91^\circ\text{C}$.

Через 3 с после начала пропаривания и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 119^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 113^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с верхней подушкой $t_3 = 98^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала пропаривания и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 127^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 121^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с верхней подушкой $t_3 = 103^\circ\text{C}$.

Через 5 с после начала пропаривания и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 134^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 127^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с верхней подушкой $t_3 = 107^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала пропаривания и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 140^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 132^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с верхней подушкой $t_3 = 110^\circ\text{C}$.

В процессе обработки нагретым воздухом спинки:

$$1 - \text{при } t = 2 \text{ с; } T = 143,95 - 48,069 \cdot b + 4,326 \cdot b^2 + 28,356 \cdot b^3 - 21,63916397 \cdot b^4; \quad (3.182)$$

$$2 - \text{при } t = 4 \text{ с; } T = 147,04 - 44,465 \cdot b + 46,659 \cdot b^2 - 56,166 \cdot b^3 + 32,2759 \cdot b^4; \quad (3.183)$$

$$3 - \text{при } t = 6 \text{ с; } T = 149,02 - 30,695 \cdot b - 4,440 \cdot b^2 + 36,285 \cdot b^3 - 20,1654548 \cdot b^4; \quad (3.184)$$

$$4 - \text{при } t = 8 \text{ с; } T = 150,12 - 25,995 \cdot b + 5,806 \cdot b^2 + 20,445 \cdot b^3 - 15,7902383 \cdot b^4. \quad (3.185)$$

Используя уравнения (3.182) – (3.185), построили графики, представленные на рисунке 3.34.

Из рисунка 3.34 видно, что:

через 2 с после начала обработки нагретым воздухом и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 144^\circ\text{C}$;

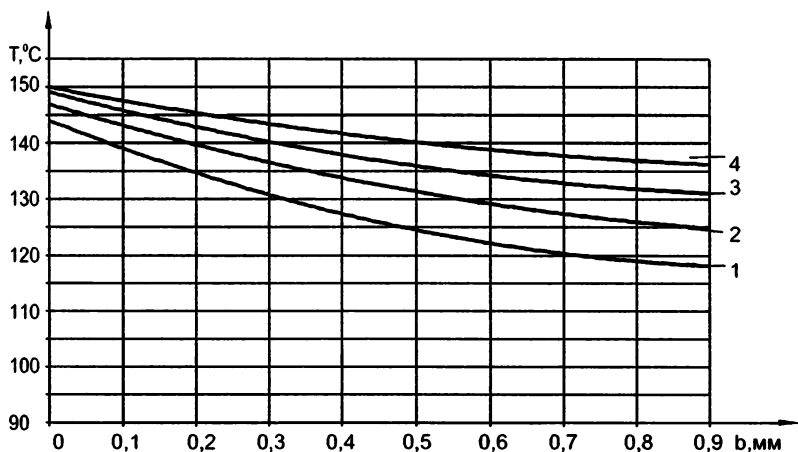


Рисунок 3.34 — Распределение температуры по толщине пакета тканей в процессе обработки нагретым воздухом при виброформовании спинки:
1...4 — через 2, 4, 6, 8 с обработки нагретым воздухом и виброформования

на толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 137^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с верхней подушкой $t_3 = 118^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала обработки нагретым воздухом и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 147^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 142^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с верхней подушкой $t_3 = 125^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала обработки нагретым воздухом и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 149^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 144^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с верхней подушкой $t_3 = 131^\circ\text{C}$.

Через 8 с после начала обработки нагретым воздухом и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 150^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 147^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с верхней подушкой $t_3 = 136^\circ\text{C}$.

В процессе охлаждения спинки:

$$1 - \text{при } t = 1 \text{ с; } T = 133,95 - 54,091 \cdot b + 59,627 \cdot b^2 - 54,564 \cdot b^3 + 26,4225 \cdot b^4; \quad (3.186)$$

$$2 - \text{при } t = 2 \text{ с; } T = 139,90 - 35,050 \cdot b + 14,629 \cdot b^2 + 75,363 \cdot b^3 - 46,407588 \cdot b^4; \quad (3.187)$$

$$3 - \text{при } t = 3 \text{ с; } T = 145,14 - 37,752 \cdot b + 38,851 \cdot b^2 - 38,684 \cdot b^3 + 20,6213 \cdot b^4; \quad (3.188)$$

$$4 - \text{при } t = 4 \text{ с; } T = 148,00 - 32,091 \cdot b + 14,413 \cdot b^2 + 8,117 \cdot b^3 - 5,5955 \cdot b^4. \quad (3.189)$$

Используя уравнения (3.186) – (3.189), построили графики, представленные на рисунке 3.35.

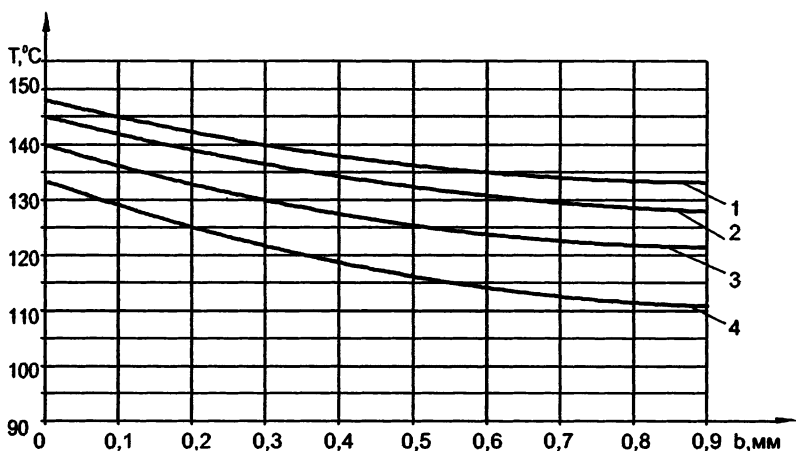


Рисунок 3.35 — Распределение температуры по толщине пакета тканей в процессе охлаждения при виброформовании спинки:

1...4 — через 1, 2, 3, 4 с охлаждения и виброформования

Из рисунка 3.35 видно, что:

через 1 с после начала охлаждения и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 148^\circ\text{C}$;

на толщинах пакета тканей в точках:

— $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 144^\circ\text{C}$;

— $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с верхней подушкой $t_3 = 133^\circ\text{C}$.

Через 2 с после начала охлаждения и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 145^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

— $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 141^\circ\text{C}$;

— $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с верхней подушкой $t_3 = 128^\circ\text{C}$.

Через 3 с после начала охлаждения и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 140^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

— $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 134^\circ\text{C}$;

— $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с верхней подушкой $t_3 = 121^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала охлаждения и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 134^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

— $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки спинки с тканью верха $t_2 = 127^\circ\text{C}$;

— $b_3 = 0,85$ мм в месте контакта ткани верха спинки с верхней подушкой $t_3 = 111^\circ\text{C}$.

В процессе пропаривания полочек:

$$1 - \text{при } t = 1 \text{ с; } \quad T = 95,18 - 22,569 \cdot b - 9,100 \cdot b^2 + 28,763 \cdot b^3 - 12,9564018 \cdot b^4; \quad (3.190)$$

$$2 - \text{при } t = 2 \text{ с; } \quad T = 108,02 - 30,099 \cdot b + 14,647 \cdot b^2 - 5,274 \cdot b^3 + 1,9544 \cdot b^4; \quad (3.191)$$

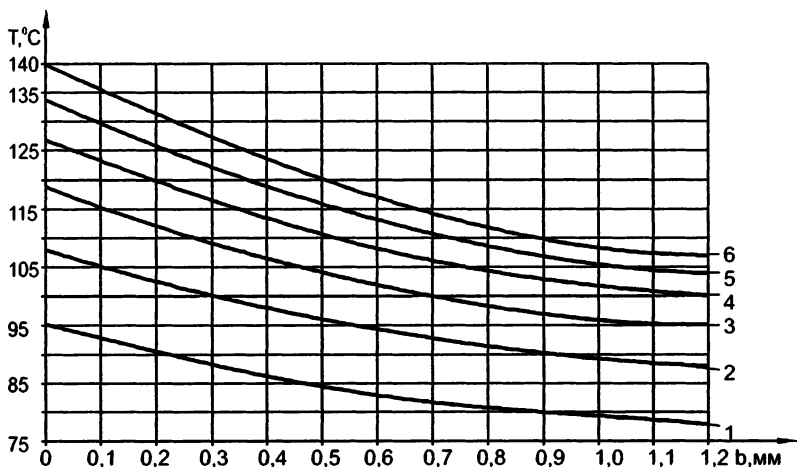
$$3 - \text{при } t = 3 \text{ с; } \quad T = 118,84 - 38,047 \cdot b + 22,653 \cdot b^2 - 14,378 \cdot b^3 + 6,8405 \cdot b^4; \quad (3.192)$$

$$4 - \text{при } t = 4 \text{ с; } \quad T = 126,84 - 35,339 \cdot b - 2,058 \cdot b^2 + 20,213 \cdot b^3 - 7,8158 \cdot b^4; \quad (3.193)$$

$$5 - \text{при } t = 5 \text{ с; } \quad T = 133,77 - 42,456 \cdot b + 13,478 \cdot b^2 - 0,955 \cdot b^3 + 1,6114 \cdot b^4; \quad (3.194)$$

$$6 - \text{ при } t = 6 \text{ с; } T = 139,85 - 43,854 \cdot b + 6,220 \cdot b^2 + 5,261 \cdot b^3 - 0,8428 \cdot b^4. \quad (3.195)$$

Используя уравнения (3.190) – (3.195), построили графики, представленные на рисунке 3.36.



*Рисунок 3.36 — Распределение температуры по толщине пакета тканей в процессе пропаривания при виброобработке полочек:
1...6 — через 1, 2, 3, 4, 5, 6 с пропаривания и виброформования*

Из рисунка 3.36 видно, что:

через 1 с после начала пропаривания и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 95^\circ\text{C}$;

на толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки полочки с тканью верха $t_2 = 92^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха полочки $t_3 = 85^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха полочки с верхней подушкой $t_4 = 78^\circ\text{C}$.

Через 2 с после начала пропаривания и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 108^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки полочки с тканью верха $t_2 = 104^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха полочки $t_3 = 97^\circ\text{C}$;

- $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха полочки с верхней подушкой $t_4 = 88^\circ\text{C}$.

Через 3 с после начала пропаривания и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 119^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки полочки с тканью верха $t_2 = 114^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха полочки $t_3 = 105^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха полочки с верхней подушкой $t_4 = 95^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала пропаривания и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 127^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки полочки с тканью верха $t_2 = 122^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха полочки $t_3 = 112^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха полочки с верхней подушкой $t_4 = 101^\circ\text{C}$.

Через 5 с после начала пропаривания и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 134^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки полочки с тканью верха $t_2 = 128^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха полочки $t_3 = 117^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха полочки с верхней подушкой $t_4 = 104^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала пропаривания и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 140^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки полочки с тканью верха $t_2 = 133^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха полочки $t_3 = 122^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха полочки с верхней подушкой $t_4 = 107^\circ\text{C}$.

В процессе обработки нагретым воздухом полочек:

$$1 - \text{при } t = 2 \text{ с; } T = 142,05 - 45,061 \cdot b + 32,026 \cdot b^2 - 22,611 \cdot b^3 + 9,6639 \cdot b^4; \quad (3.196)$$

$$2 - \text{при } t = 4 \text{ с; } T = 144,94 - 26,887 \cdot b + 20,751 \cdot b^2 + 41,021 \cdot b^3 - 15,27191 \cdot b^4; \quad (3.197)$$

$$3 - \text{при } t = 6 \text{ с; } T = 147,17 - 26,787 \cdot b + 10,352 \cdot b^2 - 3,186 \cdot b^3 + 1,6914 \cdot b^4; \quad (3.198)$$

$$4 - \text{при } t = 8 \text{ с; } T = 149,97 - 17,417 \cdot b - 17,220 \cdot b^2 + 29,992 \cdot b^3 - 11,16192 \cdot b^4. \quad (3.199)$$

Используя уравнения (3.196) – (3.199), построили графики, представленные на рисунке 3.37.

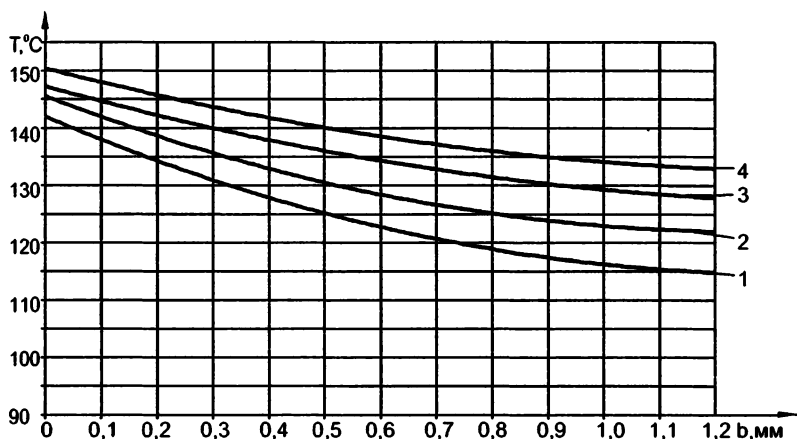


Рисунок 3.37 — Распределение температуры по толщине пакета тканей в процессе обработки нагретым воздухом при виброформовании полочек:

1...4 — через 2, 4, 6, 8 с обработки нагретым воздухом и виброформования

Из рисунка 3.37 видно, что:

через 2 с после начала обработки нагретым воздухом и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 142^\circ\text{C}$;

на толщинах пакета тканей в точках:

— $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки полочки с тканью верха $t_2 = 136^\circ\text{C}$;

— $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха полочки $t_3 = 127^\circ\text{C}$;

— $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха полочки с верхней подушкой $t_4 = 115^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала обработки нагретым воздухом и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 145^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки полочки с тканью верха $t_2 = 140^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха полочки $t_3 = 132^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха полочки с верхней подушкой $t_4 = 122^\circ\text{C}$.

Через 6 с после начала обработки нагретым воздухом и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 147^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки полочки с тканью верха $t_2 = 143^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха полочки $t_3 = 137^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха полочки с верхней подушкой $t_4 = 128^\circ\text{C}$.

Через 8 с после начала обработки нагретым воздухом и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 150^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки полочки с тканью верха $t_2 = 147^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха полочки $t_3 = 141^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха полочки с верхней подушкой $t_4 = 133^\circ\text{C}$.

В процессе охлаждения полочек:

$$1 - \text{при } t = 1 \text{ с; } T = 147,26 - 26,687 \cdot b + 11,541 \cdot b^2 + 4,074 \cdot b^3 - 3,8836 \cdot b^4; \quad (3.200)$$

$$2 - \text{при } t = 2 \text{ с; } T = 143,81 - 36,904 \cdot b + 40,663 \cdot b^2 - 29,842 \cdot b^3 + 9,3989 \cdot b^4; \quad (3.201)$$

$$3 - \text{при } t = 3 \text{ с; } T = 138,06 - 34,108 \cdot b + 25,384 \cdot b^2 - 14,752 \cdot b^3 + 4,6895 \cdot b^4; \quad (3.202)$$

$$4 - \text{при } t = 4 \text{ с; } T = 131,84 - 35,833 \cdot b + 11,479 \cdot b^2 + 8,108 \cdot b^3 - 5,0788 \cdot b^4. \quad (3.203)$$

Используя уравнения (3.200) – (3.203), построили графики, представленные на рисунке 3.38.

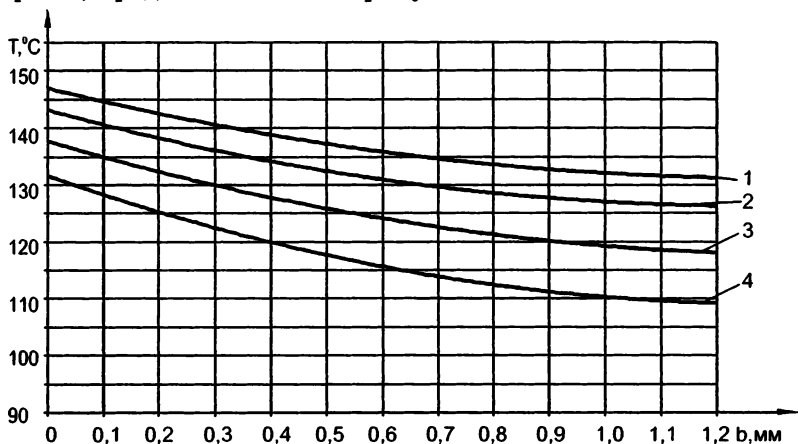


Рисунок 3.38 — Распределение температуры по толщине пакета тканей в процессе охлаждения при виброформовании полочек:

1...4 — через 1, 2, 3, 4 с охлаждения и виброформования

Из рисунка 3.38 видно, что:

через 1 с после начала охлаждения и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 147^\circ\text{C}$;

на толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки полочки с тканью верха $t_2 = 144^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха полочки $t_3 = 138^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха полочки с верхней подушкой $t_4 = 131^\circ\text{C}$.

Через 2 с после начала охлаждения и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 144^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки полочки с тканью верха $t_2 = 139^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха полочки $t_3 = 133^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха полочки с верхней подушкой $t_4 = 126^\circ\text{C}$.

Через 3 с после начала охлаждения и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 138^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки полочки с тканью верха $t_2 = 134^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха полочки $t_3 = 127^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха полочки с верхней подушкой $t_4 = 118^\circ\text{C}$.

Через 4 с после начала охлаждения и виброформования температура поверхности подкладочной ткани, контактирующей с манекеном, ($b_1 = 0$) $t_1 = 132^\circ\text{C}$.

На толщинах пакета тканей в точках:

- $b_2 = 0,15$ мм в месте контакта подкладки полочки с тканью верха $t_2 = 127^\circ\text{C}$;
- $b_3 = 0,45$ мм в месте контакта клеевой прокладки с тканью верха полочки $t_3 = 119^\circ\text{C}$;
- $b_4 = 1,13$ мм в месте контакта ткани верха полочки с верхней подушкой $t_4 = 109^\circ\text{C}$.

3.3.2. Зависимость температуры от времени по толщинам пакетов тканей

В процессе пропаривания спинки:

1 – при $b = 0$ мм; $T = 1,12 + 149,22 \cdot t - 70,008 \cdot t^2 + 13,9344 \cdot t^3 - 0,96213 \cdot t^4;$ (3.204)

2 – при $b = 0,1$ мм; $T = 1,07 + 144,89 \cdot t - 67,996 \cdot t^2 + 13,5329 \cdot t^3 - 0,93561 \cdot t^4;$ (3.205)

3 – при $b = 0,2$ мм; $T = 1,05 + 139,97 \cdot t - 65,587 \cdot t^2 + 13,0228 \cdot t^3 - 0,89773 \cdot t^4;$ (3.206)

4 – при $b = 0,3$ мм; $T = 1,01 + 135,73 \cdot t - 63,807 \cdot t^2 + 12,7299 \cdot t^3 - 0,88258 \cdot t^4;$ (3.207)

5 – при $b = 0,4$ мм; $T = 1,05 + 130,74 \cdot t - 60,091 \cdot t^2 + 11,7122 \cdot t^3 - 0,79546 \cdot t^4;$ (3.208)

6 – при $b = 0,5$ мм; $T = 0,93 + 129,72 \cdot t - 60,750 \cdot t^2 + 12,0556 \cdot t^3 - 0,83334 \cdot t^4;$ (3.209)

7 – при $b = 0,6$ мм; $T = 0,88 + 128,90 \cdot t - 60,667 \cdot t^2 + 12,0556 \cdot t^3 - 0,83334 \cdot t^4;$ (3.210)

8 – при $b = 0,7$ мм; $T = 0,90 + 126,36 \cdot t - 58,693 \cdot t^2 + 11,4925 \cdot t^3 - 0,78410 \cdot t^4;$ (3.211)

9 – при $b = 0,8$ мм; $T = 0,87 + 125,03 \cdot t - 58,193 \cdot t^2 + 11,4369 \cdot t^3 - 0,78410 \cdot t^4;$ (3.212)

$$10 - \text{при } b = 0,9 \text{ мм}; \quad T = 0,86 + 123,44 \cdot t - 57,379 \cdot t^2 + 11,2728 \cdot t^3 - 0,77273 \cdot t^4. \quad (3.213)$$

Используя уравнения (3.204) – (3.213), построили графики, представленные на рисунке 3.39.

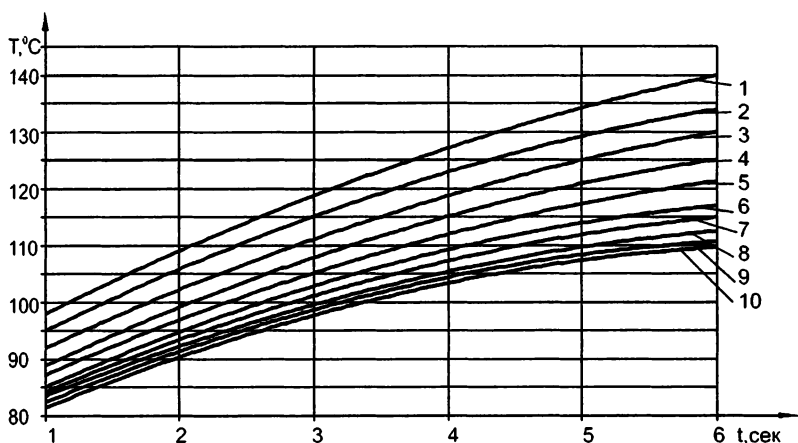


Рисунок 3.39 — Распределение температуры во времени по толщине пакета тканей в процессе пропаривания при виброформовании спинки:

1 — на изнаночной поверхности; 2...10 — на соответствующих толщинах (0,1–0,9 мм)

В процессе обработки нагретым воздухом спинки:

$$1 - \text{при } b = 0 \text{ мм}; \quad T = 0 + 148,09 \cdot t - 51,168 \cdot t^2 + 7,2919 \cdot t^3 - 0,36460 \cdot t^4; \quad (3.214)$$

$$2 - \text{при } b = 0,1 \text{ мм}; \quad T = 0 + 142,34 \cdot t - 48,980 \cdot t^2 + 6,9794 \cdot t^3 - 0,34897 \cdot t^4; \quad (3.215)$$

$$3 - \text{при } b = 0,2 \text{ мм}; \quad T = 0 + 137,21 \cdot t - 46,803 \cdot t^2 + 6,6357 \cdot t^3 - 0,33074 \cdot t^4; \quad (3.216)$$

$$4 - \text{при } b = 0,3 \text{ мм}; \quad T = 0 + 133,46 \cdot t - 45,699 \cdot t^2 + 6,5107 \cdot t^3 - 0,32554 \cdot t^4; \quad (3.217)$$

$$5 - \text{при } b = 0,4 \text{ мм}; \quad T = 0 + 127,25 \cdot t - 42,689 \cdot t^2 + 6,0002 \cdot t^3 - 0,29689 \cdot t^4; \quad (3.218)$$

$$6 - \text{при } b = 0,5 \text{ мм}; \quad T = 0 + 123,17 \cdot t - 40,876 \cdot t^2 + 5,7086 \cdot t^3 - 0,28126 \cdot t^4; \quad (3.219)$$

$$7 - \text{при } b = 0,6 \text{ мм}; \quad T = 0 + 124,46 \cdot t - 42,303 \cdot t^2 + 6,0107 \cdot t^3 - 0,29949 \cdot t^4; \quad (3.220)$$

$$8 - \text{при } b = 0,7 \text{ мм}; \quad T = 0 + 120,92 \cdot t - 40,959 \cdot t^2 + 5,8336 \cdot t^3 - 0,29168 \cdot t^4; \quad (3.221)$$

$$9 - \text{при } b = 0,8 \text{ мм}; \quad T = 0 + 119,88 \cdot t - 40,595 \cdot t^2 + 5,7815 \cdot t^3 - 0,28908 \cdot t^4; \quad (3.222)$$

$$10 - \text{ при } b = 0,9 \text{ мм}; \quad T = 0 + 118,83 \cdot t - 40,230 \cdot t^2 + 5,7294 \cdot t^3 - 0,28647 \cdot t^4. \quad (3.223)$$

Используя уравнения (3.214) – (3.223), построили графики, представленные на рисунке 3.40.

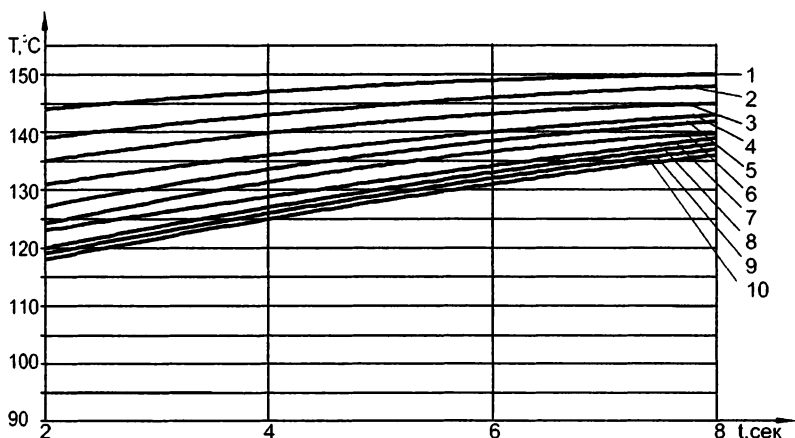


Рисунок 3.40 — Распределение температуры во времени по толщине пакета тканей в процессе обработки нагретым воздухом при виброформовании спинки:
1 – на изнаночной поверхности; 2...10 – на соответствующих толщинах (0,1–0,9 мм)

В процессе охлаждения спинки:

$$1 - \text{ при } b = 0 \text{ мм}; \quad T = 0 + 272,34 \cdot t - 186,17163085 \cdot t^2 + 53,1687 \cdot t^3 - 5,33359 \cdot t^4; \quad (3.224)$$

$$2 - \text{ при } b = 0,1 \text{ мм}; \quad T = 0 + 261,09 \cdot t - 177,879806 \cdot t^2 + 50,9186 \cdot t^3 - 5,12525 \cdot t^4; \quad (3.225)$$

$$3 - \text{ при } b = 0,2 \text{ мм}; \quad T = 0 + 250,84 \cdot t - 169,171356 \cdot t^2 + 48,1686 \cdot t^3 - 4,83358 \cdot t^4; \quad (3.226)$$

$$4 - \text{ при } b = 0,3 \text{ мм}; \quad T = 0 + 244,34 \cdot t - 164,337992 \cdot t^2 + 46,6686 \cdot t^3 - 4,66691 \cdot t^4; \quad (3.227)$$

$$5 - \text{ при } b = 0,4 \text{ мм}; \quad T = 0 + 239,17 \cdot t - 161,837921 \cdot t^2 + 46,3352 \cdot t^3 - 4,66690 \cdot t^4; \quad (3.228)$$

$$6 - \text{ при } b = 0,5 \text{ мм}; \quad T = 0 + 236,34 \cdot t - 161,254516 \cdot t^2 + 46,6685 \cdot t^3 - 4,75023 \cdot t^4; \quad (3.229)$$

$$7 - \text{ при } b = 0,6 \text{ мм}; \quad T = 0 + 224,95 \cdot t - 148,796096 \cdot t^2 + 42,0852 \cdot t^3 - 4,20856 \cdot t^4; \quad (3.230)$$

$$8 - \text{ при } b = 0,7 \text{ мм}; \quad T = 0 + 221,50 \cdot t - 145,004394 \cdot t^2 + 40,5018 \cdot t^3 - 4,00023 \cdot t^4; \quad (3.231)$$

$$9 - \text{ при } b = 0,8 \text{ мм}; \quad T = 0 + 219,96 \cdot t - 144,483566 \cdot t^2 + 40,5435 \cdot t^3 - 4,02106 \cdot t^4; \quad (3.232)$$

$$10 - \text{при } b = 0,9 \text{ мм}; \quad T = 0 + 218,42 \cdot t - 143,96272 \cdot t^2 + 40,5851 \cdot t^3 - 4,04189 \cdot t^4. \quad (3.233)$$

Используя уравнения (3.224) – (3.233), построили графики, представленные на рисунке 3.41.

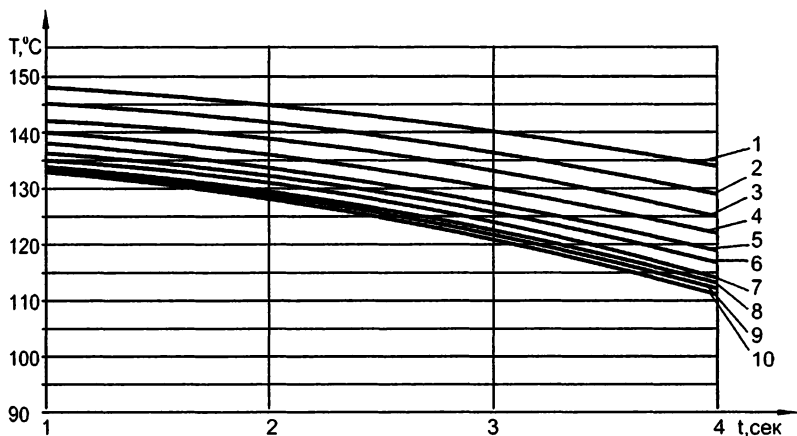


Рисунок 3.41 — Распределение температуры во времени по толщине пакета тканей в процессе охлаждения при виброформовании спинки:

1 — на изнаночной поверхности; 2...10 — на соответствующих толщинах (0,1–0,9 мм)

В процессе пропаривания полочек:

$$1 - \text{при } b = 0 \text{ мм}; \quad T = 1,04 + 143,20 \cdot t - 65,606 \cdot t^2 + 12,9142 \cdot t^3 - 0,88637 \cdot t^4; \quad (3.234)$$

$$2 - \text{при } b = 0,1 \text{ мм}; \quad T = 1,05 + 140,43 \cdot t - 64,709 \cdot t^2 + 12,7501 \cdot t^3 - 0,87501 \cdot t^4; \quad (3.235)$$

$$3 - \text{при } b = 0,2 \text{ мм}; \quad T = 0,99 + 139,01 \cdot t - 63,811 \cdot t^2 + 12,5859 \cdot t^3 - 0,86364 \cdot t^4; \quad (3.236)$$

$$4 - \text{при } b = 0,3 \text{ мм}; \quad T = 0,88 + 134,26 \cdot t - 62,379 \cdot t^2 + 12,3839 \cdot t^3 - 0,8560 \cdot t^4; \quad (3.237)$$

$$5 - \text{при } b = 0,4 \text{ мм}; \quad T = 0,93 + 129,63 \cdot t - 59,209 \cdot t^2 + 11,5834 \cdot t^3 - 0,79167 \cdot t^4; \quad (3.238)$$

$$6 - \text{при } b = 0,5 \text{ мм}; \quad T = 0,90 + 126,63 \cdot t - 57,697 \cdot t^2 + 11,2374 \cdot t^3 - 0,76516 \cdot t^4; \quad (3.239)$$

$$7 - \text{при } b = 0,6 \text{ мм}; \quad T = 0,87 + 126,03 \cdot t - 58,193 \cdot t^2 + 11,4369 \cdot t^3 - 0,78410 \cdot t^4; \quad (3.240)$$

$$8 - \text{при } b = 0,7 \text{ мм}; \quad T = 0,81 + 125,48 \cdot t - 58,424 \cdot t^2 + 11,5455 \cdot t^3 - 0,79546 \cdot t^4; \quad (3.241)$$

$$9 - \text{при } b = 0,8 \text{ мм}; \quad T = 0,77 + 124,66 \cdot t - 58,341 \cdot t^2 + 11,5455 \cdot t^3 - 0,79546 \cdot t^4; \quad (3.242)$$

$$10 - \text{при } b = 0,9 \text{ мм}; \quad T = 0,86 + 121,93 \cdot t - 56,796 \cdot t^2 + 11,2172 \cdot t^3 - 0,77273 \cdot t^4; \quad (3.243)$$

$$11 - \text{при } b = 1 \text{ мм}; \quad T = 0,88 + 119,75 \cdot t - 55,368 \cdot t^2 + 10,8713 \cdot t^3 - 0,74622 \cdot t^4; \quad (3.244)$$

$$12 - \text{при } b = 1,1 \text{ мм}; \quad T = 0,85 + 119,05 \cdot t - 55,336 \cdot t^2 + 10,5804 \cdot t^3 - 0,73864 \cdot t^4; \quad (3.245)$$

$$13 - \text{при } b = 1,2 \text{ мм}; \quad T = 0,82 + 118,65 \cdot t - 54,936 \cdot t^2 + 10,7804 \cdot t^3 - 0,73864 \cdot t^4. \quad (3.246)$$

Используя уравнения (3.234) – (3.246), построили графики, представленные на рисунке 3.42.

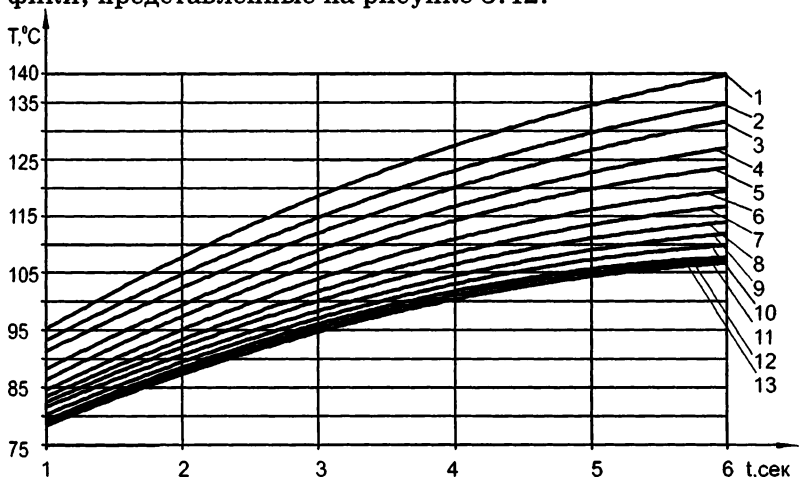


Рисунок 3.42 — Распределение температуры во времени по толщине пакета тканей в процессе пропаривания при виброобработке полочек:

1 — на изнаночной поверхности; 2...13 — на соответствующих толщинах (0,1–1,3 мм)

В процессе обработки нагретым воздухом полочек:

$$1 - \text{при } b = 0 \text{ мм}; \quad T = 0 + 145,75 \cdot t - 50,210 \cdot t^2 + 7,1253 \cdot t^3 - 0,35418 \cdot t^4; \quad (3.247)$$

$$2 - \text{при } b = 0,1 \text{ мм}; \quad T = 0 + 141,17 \cdot t - 48,501 \cdot t^2 + 6,8961 \cdot t^3 - 0,34377 \cdot t^4; \quad (3.248)$$

$$3 - \text{при } b = 0,2 \text{ мм}; \quad T = 0 + 135,92 \cdot t - 46,210 \cdot t^2 + 6,5211 \cdot t^3 - 0,32293 \cdot t^4; \quad (3.249)$$

$$4 - \text{при } b = 0,3 \text{ мм}; \quad T = 0 + 133,34 \cdot t - 45,585 \cdot t^2 + 6,4794 \cdot t^3 - 0,32293 \cdot t^4; \quad (3.250)$$

$$5 - \text{при } b = 0,4 \text{ мм}; \quad T = 0 + 130,75 \cdot t - 44,960 \cdot t^2 + 6,4377 \cdot t^3 - 0,32293 \cdot t^4; \quad (3.251)$$

$$6 - \text{при } b = 0,5 \text{ мм}; \quad T = 0 + 126,67 \cdot t - 43,147 \cdot t^2 + 6,1461 \cdot t^3 - 0,30731 \cdot t^4; \quad (3.252)$$

- 7 – при $b = 0,6$ мм; $T = 0 + 126,09 \cdot t - 43,605 \cdot t^2 + 6,2919 \cdot t^3 - 0,31772 \cdot t^4$; (3.253)
- 8 – при $b = 0,7$ мм; $T = 0 + 124,54 \cdot t - 43,345 \cdot t^2 + 6,3023 \cdot t^3 - 0,32033 \cdot t^4$; (3.254)
- 9 – при $b = 0,8$ мм; $T = 0 + 121,50 \cdot t - 41,897 \cdot t^2 + 6,0627 \cdot t^3 - 0,30731 \cdot t^4$; (3.255)
- 10 – при $b = 0,9$ мм; $T = 0 + 117,79 \cdot t - 39,866 \cdot t^2 + 5,6773 \cdot t^3 - 0,28387 \cdot t^4$; (3.256)
- 11 – при $b = 1$ мм; $T = 0 + 116,75 \cdot t - 39,501 \cdot t^2 + 5,6252 \cdot t^3 - 0,28126 \cdot t^4$; (3.257)
- 12 – при $b = 1,1$ мм; $T = 0 + 116,23 \cdot t - 39,319 \cdot t^2 + 5,5992 \cdot t^3 - 0,27996 \cdot t^4$; (3.258)
- 13 – при $b = 1,2$ мм; $T = 0 + 115,71 \cdot t - 39,137 \cdot t^2 + 5,5731 \cdot t^3 - 0,27866 \cdot t^4$. (3.259)

Используя уравнения (3.247) – (3.259), построили графики, представленные на рисунке 3.43.

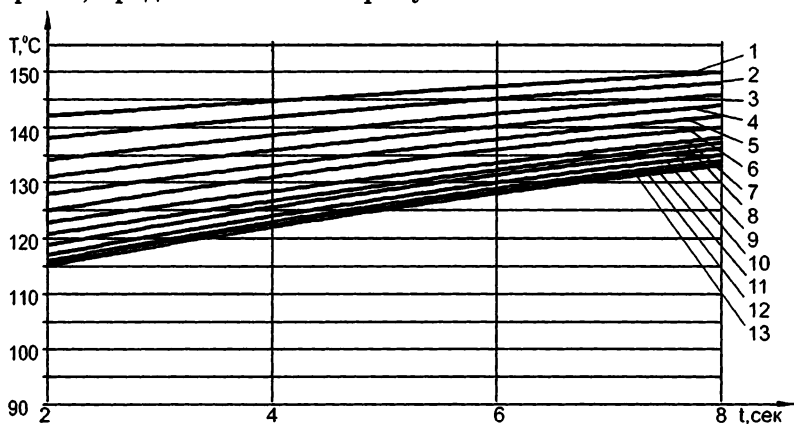


Рисунок 3.43 — Распределение температуры во времени по толщине пакета тканей в процессе обработки нагретым воздухом при виброформовании полочек: 1 – на изнаночной поверхности; 2...13 – на соответствующих толщинах (0,1–1,3 мм)

В процессе охлаждения полочек:

- 1 – при $b = 0$ мм; $T = 0 + 307,00 \cdot t - 214,50447 \cdot t^2 + 60,5019 \cdot t^3 - 6,00023 \cdot t^4$; (3.260)
- 2 – при $b = 0,1$ мм; $T = 0 + 308,00 \cdot t - 219,67105 \cdot t^2 + 63,0018 \cdot t^3 - 6,33356 \cdot t^4$; (3.261)
- 3 – при $b = 0,2$ мм; $T = 0 + 302,75 \cdot t - 214,87927 \cdot t^2 + 61,2518 \cdot t^3 - 6,12522 \cdot t^4$; (3.262)

- 4 – при $b = 0,3$ мм; $T = 0 + 294,59 \cdot t - 207,62919 \cdot t^2 + 58,9184 \cdot t^3 - 5,87522 \cdot t^4;$ (3.263)
- 5 – при $b = 0,4$ мм; $T = 0 + 290,67 \cdot t - 205,17074 \cdot t^2 + 58,3350 \cdot t^3 - 5,83355 \cdot t^4;$ (3.264)
- 6 – при $b = 0,5$ мм; $T = 0 + 289,42 \cdot t - 204,71232 \cdot t^2 + 58,0850 \cdot t^3 - 5,79187 \cdot t^4;$ (3.265)
- 7 – при $b = 0,6$ мм; $T = 0 + 287,59 \cdot t - 203,71224 \cdot t^2 + 57,9183 \cdot t^3 - 5,79187 \cdot t^4;$ (3.266)
- 8 – при $b = 0,7$ мм; $T = 0 + 285,50 \cdot t - 202,25389 \cdot t^2 + 57,5016 \cdot t^3 - 5,75020 \cdot t^4;$ (3.267)
- 9 – при $b = 0,8$ мм; $T = 0 + 283,42 \cdot t - 200,79553 \cdot t^2 + 57,0849 \cdot t^3 - 5,70853 \cdot t^4;$ (3.268)
- 10 – при $b = 0,9$ мм; $T = 0 + 280,00 \cdot t - 197,00384 \cdot t^2 + 55,5016 \cdot t^3 - 5,50020 \cdot t^4;$ (3.269)
- 11 – при $b = 1$ мм; $T = 0 + 278,17 \cdot t - 196,00373 \cdot t^2 + 55,3349 \cdot t^3 - 5,50019 \cdot t^4;$ (3.270)
- 12 – при $b = 1,1$ мм; $T = 0 + 277,13 \cdot t - 195,27456 \cdot t^2 + 55,1265 \cdot t^3 - 5,47936 \cdot t^4;$ (3.271)
- 13 – при $b = 1,2$ мм; $T = 0 + 276,09 \cdot t - 194,5453 \cdot t^2 + 54,9182 \cdot t^3 - 5,45853 \cdot t^4.$ (3.272)

Используя уравнения (3.260) – (3.272), построили графики, представленные на рисунке 3.44.

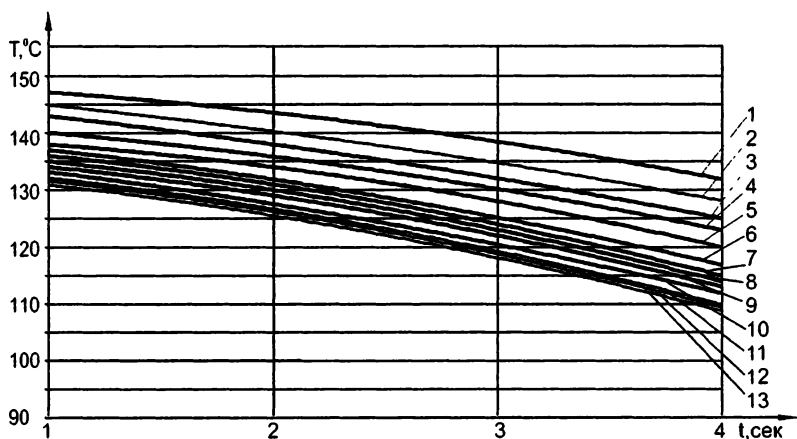


Рисунок 3.44 — Распределение температуры во времени по толщине пакета тканей в процессе охлаждения при виброформовании полочек:

1 – на изнаночной поверхности; 2...13 – на соответствующих толщинах (0,1–1,3 мм)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

Результаты теоретических исследований, представленные во второй главе, позволяют получить математические модели регулировки и управления теплофизическими процессами ВТО [27], включающими:

- перевод волокон тканей в высокоэластическое состояние [28];
- состояние тепловых параметров полуфабриката при виброформовании [29];
- состояние тепловых параметров полуфабриката при прессовании [30];
- сушку полуфабриката нагретым воздухом [31];
- перевод волокон тканей в застеклованное состояние [32].

4.1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПЕРЕВОДА ВОЛОКОН ТКАНЕЙ В ВЫСОКОЭЛАСТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

Процесс перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние характеризуется температурой ткани T , температурой пара T_{Π} , плотностью пара ρ_{Π} , скоростью пара v_{Π} , температурой воды T_{σ} , плотностью воды ρ_{σ} . Эти параметры представляются функциями $T_{T\kappa}(t)$, $T_{\Pi\kappa}(t)$, $\rho_{\Pi\kappa}(t)$, $v_{\Pi\kappa}(t)$, $\rho_{\sigma\kappa}(t)$, где t – текущее время, и рассчитываются системой автоматического управления согласно уравнениям, полученным во второй главе.

$$\left[C_T(x) \rho_T(x) + C_{\sigma}(x) \rho_{\sigma}(x, t) \right] \frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div}(k(x) \operatorname{grad} T) + \alpha(t, x) [T_{\Pi}(t, x) - T(t, x)], \quad (4.1)$$

$$\frac{\partial \rho_s}{\partial t}(x, t) = \beta(x, t)(T_n(x, t) - T(t, x))\rho_n(x, t), \quad (4.2)$$

$$\frac{\partial \rho_n}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho_n \vartheta_n) + \beta(x, t)(T_n(t, x) - T(t, x))\rho_n = 0, \quad (4.3)$$

$$\frac{\partial \vartheta_n}{\partial t} + (\vartheta_n \nabla) \vartheta_n = -\frac{\operatorname{grad} P_n(x, t)}{\rho_n(x, t)}, \quad (4.4)$$

$$\left. \begin{aligned} \rho_n C_n \frac{\partial T_n}{\partial t} = \frac{R \vartheta_n}{\mu} \rho_n \operatorname{grad} T_n(t, x) + \left[\frac{\vartheta_n R}{\mu} \operatorname{grad} \rho_n + C_n \operatorname{div}(\rho_n \vartheta_n) \right] \times \\ \times T_n(t, x) + (T_n(t, x) - T(t, x)) \rho_n \beta(t, x) \left(\frac{\vartheta_n^2}{2} + C_s T(t, x) - \right. \\ \left. - (C_s - C_n) 100^\circ \text{C} - K_1 - \alpha \right) + \frac{\vartheta_n^2}{2} \operatorname{div}(\rho_n \cdot \vartheta_n) + \frac{1}{2} \rho_n \cdot \vartheta_n \operatorname{grad}(\vartheta_n^2) \end{aligned} \right\}, \quad (4.5)$$

$$C_1(x) \rho_\tau(x) \frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div}[k(x) \operatorname{grad} T(x, t)] + \alpha(t, x)[T_n(t, x) - T(t, x)] - \alpha_3(t, x)(T - 100^\circ \text{C}), \quad (4.6)$$

$$\frac{\partial \rho_s}{\partial t} = -\frac{\alpha_2(T_n - 100^\circ \text{C}) + \alpha_3(T - 100^\circ \text{C})}{K_1}, \quad (4.7)$$

$$\frac{\partial \rho_n}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho_n \vartheta_n) = 0, \quad (4.8)$$

$$\begin{aligned} \rho_n C_n \frac{\partial T_n}{\partial t} = \vartheta_n \frac{R}{\mu} \rho_n \operatorname{grad} T_n(t, x) + \vartheta_n \frac{R}{\mu} T_n(t, x) \operatorname{grad} \rho_n + \\ + C_n T_n(t, x) \operatorname{div}(\rho_n \vartheta_n) - \alpha [T_n(t, x) - T(t, x)] - \frac{\vartheta_n^2}{2} \operatorname{div}(\rho_n \vartheta_n) + \\ + \rho_n \vartheta_n (\vartheta_n \nabla) \vartheta_n \end{aligned} \quad (4.9)$$

$$\frac{\partial \vartheta_n}{\partial t} + (\vartheta_n \nabla) \vartheta_n = -\frac{R}{\mu} \left[\frac{T_n(t, x)}{\rho_n} \operatorname{grad} \rho_n(t, x) \right] - \frac{R}{\mu} \operatorname{grad} T_n(t, x). \quad (4.10)$$

В процессе перевода волокон в высокоэластическое состояние в каждый момент времени t измеряются реализуемые значения $T(t)$, $T_n(t)$, $\rho_n(t)$, $\vartheta_n(t)$, $\rho_s(t)$, которые сравниваются со значениями $T_{TK}(t)$, $T_{TK}(t)$, $\rho_{TK}(t)$, $\vartheta_{TK}(t)$, $\rho_{sk}(t)$, вычисленными системой автоматического управле-

ния. При значительном расхождении величин реального процесса и величин, вычисленных системой автоматического управления, подается команда о неудовлетворительном качестве данного процесса ВТО, и процесс останавливается с целью анализа причин плохого качества процесса. Функции $T_{Тк}(t)$, $T_{Пк}(t)$, $\rho_{Пк}(t)$, $\vartheta_{Пк}(t)$, $\rho_{ск}(t)$ позволяют определять момент окончания процесса перевода волокон в высокоэластическое состояние и подавать на регулятор предварительную команду о моменте перехода на другой режим. Следует также учесть, что функции $T_{Тк}(t)$, $T_{Пк}(t)$, $\rho_{Пк}(t)$, $\vartheta_{Пк}(t)$, $\rho_{ск}(t)$, будут зависеть от характеристик ткани: плотности ткани ρ_T , коэффициента теплопроводности λ_T , что позволяет рассчитать функции $T_{Тк}(t)$, $T_{Пк}(t)$, $\rho_{Пк}(t)$, $\vartheta_{Пк}(t)$, $\rho_{ск}(t)$ для различного вида тканей и учесть характеристики тканей для рассматриваемого процесса ВТО.

Управление процессом перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние осуществляется системой автоматического управления согласно разработанной блок-схеме (рисунок 4.1).

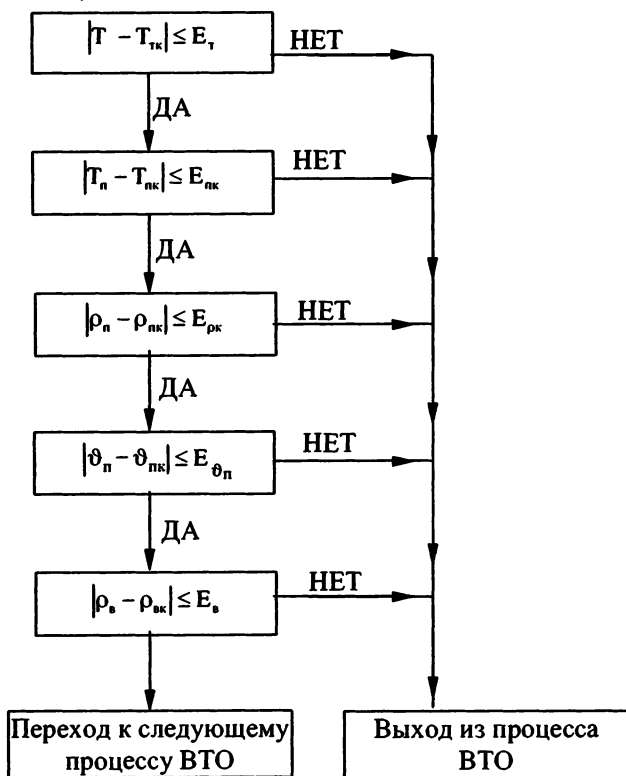


Рисунок 4.1 — Блок-схема автоматического управления процессом перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние

4.2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУФАБРИКАТА ПРИ ВИБРОФОРМОВАНИИ

В процессе виброформования основными параметрами тепловых процессов являются функции $T(t)$, $\rho_g(t)$. Эти функции рассчитываются на компьютере согласно уравнениям:

$$C_T \rho_T(x) \frac{\partial T}{\partial t} = \text{div}[k(x) \text{grad} T(t, x)] - \alpha_3(x, t)(T - 100^\circ \text{C}), \quad (4.11)$$

$$\frac{\partial \rho_g}{\partial t} = - \frac{\alpha_3(t, x)(T - 100^\circ \text{C})}{K_1} \quad (4.12)$$

с граничными условиями

$$\left. \begin{aligned} k(x) \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\partial Q_1} &= \alpha_{T_{\text{в}}} (T_0 - T) \Big|_{\partial Q_1} \\ k(x) \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\partial Q_0} &= \alpha_{T_{\text{в}}} \cdot (T_0 - T) \Big|_{\partial Q_0} \end{aligned} \right\} \quad (4.13)$$

Параметры представляются функциями $T(t)$, $\rho_{\text{вк}}(t)$, где t — текущее время. В процессе виброформования в каждый момент времени t измеряются реализуемые значения $T(t)$, $\rho_g(t)$, которые сравниваются со значениями $T_{T_{\text{к}}}(t)$, $\rho_{\text{вк}}(t)$, вычисленными системой автоматического управления. При значительном расхождении величин реального процесса и величин, вычисленных на компьютере, подается команда о плохом качестве данного процесса ВТО, и процесс останавливается с целью анализа причин неудовлетворительного качества процесса. Функции $T(t)$, $\rho_{\text{вк}}(t)$ позволяют определять момент окончания процесса виброформования и подавать на регулятор предварительную команду о моменте перехода на другой режим. Следует учесть также, что функции $T(t)$, $\rho_{\text{вк}}(t)$ будут зависеть от характеристик ткани: плотности ткани ρ_T , коэффициента теплопроводности λ_T , что позволяет рассчитать функции $T_{T_{\text{к}}}(t)$, $\rho_{\text{вк}}(t)$ для различного вида тканей и учесть характеристики тканей для рассматриваемого процесса ВТО.

Управление тепловым процессом при виброформовании осуществляется устройством автоматического управления согласно разработанной блок-схеме (рисунок 4.2).

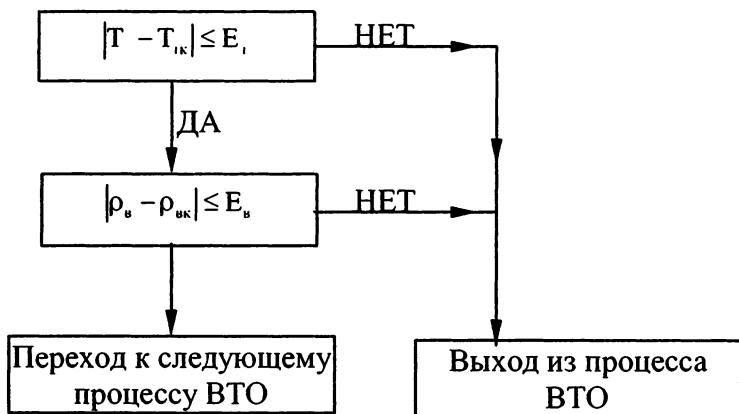


Рисунок 4.2 — Блок-схема автоматического управления тепловым процессом при виброформовании

4.3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ ПРОЦЕССОМ ПРИ ПРЕССОВАНИИ

В процессе прессования основными параметрами тепловых процессов являются также функции $T(t)$, $\rho_g(t)$. Все эти функции также рассчитываются на компьютере согласно уравнениям:

$$C_T \rho_T(x) \frac{\partial T}{\partial t} = \text{div}[k(x) \text{grad} T(t, x)] - \alpha_3(x, t)(T - 100^\circ \text{C}), \quad (4.14)$$

$$\frac{\partial \rho_g}{\partial t} = - \frac{\alpha_3(x, t)(T - 100^\circ \text{C})}{K_1} \quad (4.15)$$

с граничными условиями:

$$\left. \begin{aligned} k(x) \frac{\partial T}{\partial \Pi} \Big|_{\partial Q_0} &= \alpha_{T_{\text{во}}} (T_0 - T) \Big|_{\partial Q_0} \\ k(x) \frac{\partial T}{\partial \Pi} \Big|_{\partial Q_1} &= \alpha_{\text{вв}} (T_{\text{во}} - T) \Big|_{\partial Q_1} \end{aligned} \right\} \quad (4.16)$$

Параметры представляются функциями $T_{T_k}(t)$, $\rho_{\text{вк}}(t)$, где t — текущее время. В процессе прессования в каждый момент времени t измеряются реализуемые значения $T(t)$, $\rho_g(t)$, которые сравниваются со значениями $T_{T_k}(t)$, $\rho_{\text{вк}}(t)$, вычисленными системой автоматического управления. При

значительном расхождении величин реального процесса и величин, вычисленных системой автоматического управления, подается команда о неудовлетворительном качестве данного процесса ВТО, и процесс останавливается с целью анализа причин плохого качества процесса. Функции $T_{Тк}(t), \rho_{ск}(t)$ позволяют определять момент окончания процесса прессования и подавать на регулятор предварительную команду о моменте переходе на другой режим. Следует учесть также, что функции $T_{Тк}(t), \rho_{ск}(t)$ будут зависеть от характеристик ткани: плотности ткани ρ_T , коэффициента теплопроводности λ_T , что позволяет рассчитать функции $T_{Тк}(t), \rho_{ск}(t)$ для различного вида тканей и учесть характеристики тканей для рассматриваемого процесса ВТО.

Управление тепловым процессом при прессовании осуществляется системой автоматического управления согласно разработанной блок-схеме (рисунок 4.3).

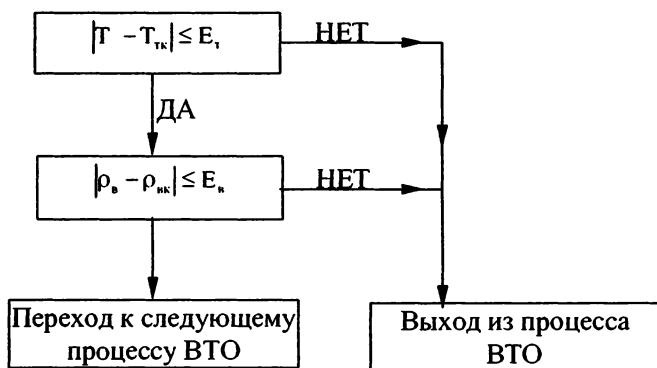


Рисунок 4.3 — Блок-схема автоматического управления тепловым процессом при прессовании

4.4. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ

В процессе сушки тканей нагретым воздухом основными параметрами процесса являются функции $T(t), \rho_g(t)$, температура нагретого воздуха $T_g^{нэ}(t)$, плотность нагретого воздуха $\rho_g^{нэ}(t)$, скорость нагретого воздуха $v_g^{нэ}(t)$. Эти функции рассчитываются согласно нижеприведенным уравнениям [31]:

$$C_T(x)\rho_T(x)\frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div}(k(x)\operatorname{grad}T) + \alpha_{нв}(t,x)[T^{нв}(t,x) - T(t,x)] - \alpha_3(T - 100^\circ\text{C}), \quad (4.17)$$

$$\frac{\partial \rho_g}{\partial t} = \frac{\alpha_{2нв}(T^{нв} - 100^\circ\text{C}) + \alpha_3(T - 100^\circ\text{C})}{K_1}, \quad (4.18)$$

$$\frac{\partial \rho^{нв}}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho^{нв}\vartheta^{нв}) = 0, \quad (4.19)$$

$$\begin{aligned} \rho^{нв}C^{нв}\frac{\partial T^{нв}}{\partial t} &= \left(C^{нв}T^{нв} + \frac{\vartheta^{нв^2}}{2} \right) \rho^{нв} \operatorname{div}\vartheta^{нв} + \rho^{нв}\vartheta^{нв} \cdot (\vartheta^{нв} \cdot \nabla) \cdot \vartheta^{нв} + \\ &+ \left[C^{нв} \cdot T^{нв} + \frac{\vartheta^{нв^2}}{2} + \frac{RT^{нв}}{\mu^{нв}} \right] \times \vartheta^{нв} \operatorname{grad}\rho^{нв} + \frac{R \cdot \rho^{нв}}{\mu^{нв}} \vartheta^{нв} \operatorname{grad}T^{нв} - \\ &- \alpha_{нв}(t,x)(T^{нв} - T) - \alpha_{2нв}(T^{нв} - 100^\circ\text{C}), \end{aligned} \quad (4.20)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \vartheta^{нв}}{\partial t} &= \left(\vartheta_1^{нв} \frac{\partial \vartheta^{нв}}{\partial x_1} + \vartheta_2^{нв} \frac{\partial \vartheta^{нв}}{\partial x_2} + \vartheta_3^{нв} \frac{\partial \vartheta^{нв}}{\partial x_3} \right) + \frac{R}{\mu^{нв}} \operatorname{grad}T^{нв} - \\ &- \frac{R}{\mu^{нв}} \frac{T^{нв}}{\rho^{нв}} \operatorname{grad}\rho^{нв}. \end{aligned} \quad (4.21)$$

Параметры представляются функциями $T_{Тк}(t)$, $\rho_{гк}(t)$, $T_{гк}^{нв}(t)$, $\rho_{гк}^{нв}(t)$, $\vartheta_{гк}^{нв}(t)$, где t – текущее время. В процессе сушки в каждый момент времени t измеряются реализуемые значения $T(t)$, $\rho_g(t)$, $T_g^{нв}(t)$, $\rho_g^{нв}(t)$, $\vartheta_g^{нв}$, которые сравниваются со значениями $T_{Тк}(t)$, $T_{гк}^{нв}(t)$, $\rho_{гк}^{нв}(t)$, $\vartheta_{гк}^{нв}(t)$, вычисленными системой автоматического управления. При значительном расхождении величин реального процесса и вычисленных величин подается команда о плохом качестве данного процесса ВТО и процесс останавливается с целью анализа причин неудовлетворительного качества процесса. Функции $T_{Тк}(t)$, $\rho_{гк}(t)$, $T_{гк}^{нв}(t)$, $\rho_{гк}^{нв}(t)$, $\vartheta_{гк}^{нв}(t)$ позволяют

определять момент окончания процесса сушки и подавать на регулятор предварительную команду о моменте перехода на другой режим. Следует учесть также, что функции $T_{Тк}(t), \rho_{вк}(t), T_{вк}^{н2}(t), \rho_{вк}^{н2}(t), \vartheta_{вк}^{н2}(t)$ будут зависеть от характеристик ткани: плотности ткани ρ_T , коэффициента теплопроводности λ_T , что позволяет рассчитать функции $T_{Тк}(t), \rho_{вк}(t), T_{вк}^{н2}(t), \rho_{вк}^{н2}(t), \vartheta_{вк}^{н2}(t)$ для различного вида тканей и учесть характеристики тканей для рассматриваемого процесса ВТО.

Управление процессом сушки осуществляется устройством автоматического управления согласно разработанной блок-схеме (рисунок 4.4).

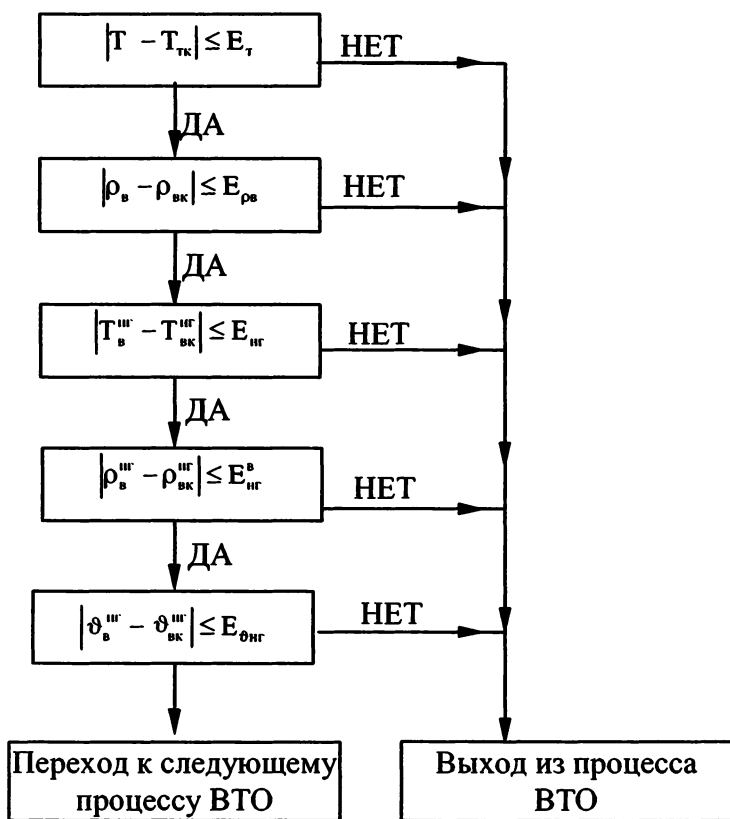


Рисунок 4.4 — Блок-схема автоматического управления процессом сушки нагретым воздухом

4.5. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СТАБИЛИЗАЦИИ

В процессе стабилизации холодным воздухом основными параметрами процесса являются функции $T(t)$, $T_g(t)$, $\rho_g(t)$, температура охлаждающего воздуха $T_g^{so}(t)$, плотность охлаждающего воздуха $\rho_g^{so}(t)$, скорость охлаждающего воздуха $\vartheta_g^{so}(t)$. Эти функции рассчитываются следующими уравнениями:

$$C_T(x) \rho_T(x) \frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div}(k(x) \operatorname{grad} T) - \alpha_3(t, x)(T - T_g) - \alpha_4(t, x)(T - T_g^{so}), \quad (4.22)$$

$$\rho_g C_g \frac{\partial T_g}{\partial t} = \alpha_3(t, x)(T - T_g) - \alpha_5(t, x)(T_g - T_g^{so}), \quad (4.23)$$

$$\frac{\partial \rho_g^{so}}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho_g^{so} \vartheta_g^{so}) = 0, \quad (4.24)$$

$$\frac{\partial \vartheta_g^{so}}{\partial t} + (\vartheta_g^{so} \cdot \nabla) \vartheta_g^{so} = \frac{-R}{\mu_g^{so}} \left(\frac{T_g^{so}(t, x)}{\rho_g^{so}} \cdot \operatorname{grad} \rho_g^{so}(t, x) \right) - \frac{R}{\mu_g^{so}} \operatorname{grad} T_g^{so}(t, x), \quad (4.25)$$

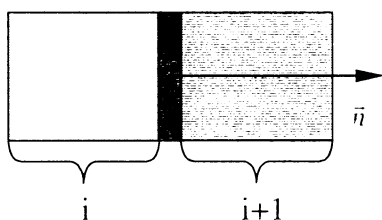
$$\rho_g^{so} C_g^{so} \frac{\partial T_g^{so}}{\partial t} = \frac{\vartheta_g^{so} R}{\mu_g^{so}} \rho_g^{so} \operatorname{grad} T_g^{so}(t, x) + \vartheta_g^{so} \frac{R}{\mu_g^{so}} T_g^{so}(t, x) \operatorname{grad} \rho_g^{so} + \left(C_g^{so} T_g^{so}(t, x) + \frac{\vartheta_g^{so \cdot 2}}{2} \right) \times \operatorname{div}(\rho_g^{so} \vartheta_g^{so}) + \rho_g^{so} \vartheta_g^{so} (\vartheta_g^{so} \nabla \vartheta_g^{so}) + \alpha_4(T(t, x) - T_g^{so}(t, x)) + \alpha_5(T_g - T_g^{so}). \quad (4.26)$$

Параметры представляются функциями $T_{T_k}(t)$, $T_{g_k}(t)$, $\rho_{g_k}(t)$, $T_{g_k}^{so}(t)$, $\rho_{g_k}^{so}(t)$, $\vartheta_{g_k}^{so}(t)$, где t — текущее время. В процессе стабилизации в каждый момент времени t измеряются реализуемые значения $T(t)$, $T_g(t)$, $\rho_g(t)$, $T_g^{so}(t)$, $\rho_g^{so}(t)$, $\vartheta_g^{so}(t)$,

которые сравниваются со значениями $T_{Тк}(t)$, $T_{вк}(t)$, $\rho_{вк}(t)$, $T_{вк}^{60}(t)$, $\rho_{вк}^{60}(t)$, $\vartheta_{вк}^{60}(t)$, вычисленными системой автоматического управления. При значительном расхождении величин реального процесса и вычисленных величин подается команда о неудовлетворительном качестве данного процесса ВТО, и процесс останавливается с целью анализа причин плохого качества процесса. Функции $T_{Тк}(t)$, $T_{вк}(t)$, $\rho_{вк}(t)$, $T_{вк}^{60}(t)$, $\rho_{вк}^{60}(t)$, $\vartheta_{вк}^{60}(t)$ позволяют определять момент окончания процесса стабилизации и подавать на систему автоматического управления предварительную команду о моменте окончания процессов ВТО. Следует учесть также, что функции $T_{Тк}(t)$, $T_{вк}(t)$, $\rho_{вк}(t)$, $T_{вк}^{60}(t)$, $\rho_{вк}^{60}(t)$, $\vartheta_{вк}^{60}(t)$ будут зависеть от характеристик ткани: плотности ткани ρ_T , коэффициента теплопроводности λ_T , что позволяет рассчитать функции $T_{Тк}(t)$, $T_{вк}(t)$, $\rho_{вк}(t)$, $T_{вк}^{60}(t)$, $\rho_{вк}^{60}(t)$, $\vartheta_{вк}^{60}(t)$ для различного вида тканей и учесть характеристики тканей для рассматриваемого процесса ВТО.

Таким образом, для всех процессов ВТО математические модели позволяют контролировать качество процессов ВТО, определять моменты переключения процессов ВТО и учитывать при этом свойства тканей.

Если швейное изделие состоит из нескольких слоев с различной теплопроводностью, то уравнения, ранее полученные, остаются прежними. К этим уравнениям следует добавить граничные условия:



$$\lambda_i \frac{dT_i}{d\bar{n}} \Big|_{\Gamma} = \frac{dT_{i+1}}{d\bar{n}} \Big|_{\Gamma} \cdot \lambda_{i+1},$$

где: λ_i — коэффициент теплопроводности i -го слоя;
 λ_{i+1} — коэффициент теплопроводности $i + 1$ -го слоя;
 \bar{n} — единичный вектор нормали к границе между слоями.

Управление процессом стабилизации осуществляется системой автоматического управления согласно разработанной блок-схеме (рисунок 4.5).

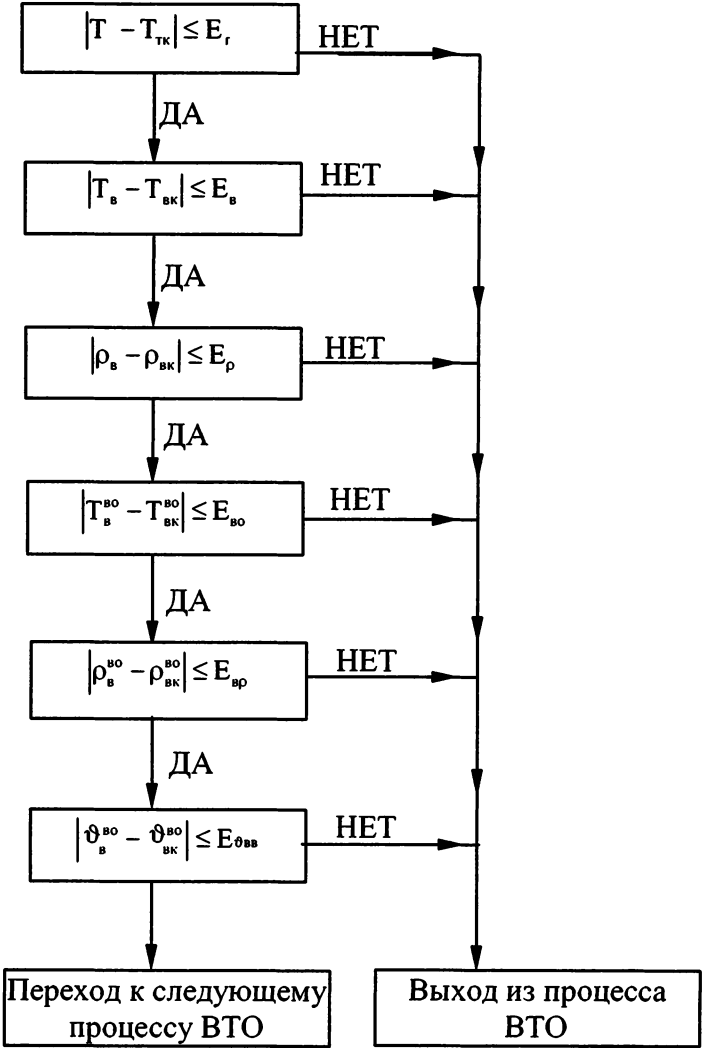


Рисунок 4.5 — Блок-схема автоматического управления процессом стабилизации холодным воздухом

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Существенным фактором, определяющим внешний вид и качество швейных изделий, является разработка и совершенствование методов оценки эффективности окончательной влажно-тепловой обработки. В настоящее время задача определения качества ВТО решается двумя методами — качественным и количественным. Качественный учитывает только эффект обработки [33]. При этом данный метод не учитывает частные показатели качества технологического процесса. Более перспективный — количественный метод, оценивающий качество ВТО по обобщенному показателю [34].

Известные количественные методы направлены на определение комплексного показателя эффективности окончательной ВТО [35] и не учитывают эффективность тепловых процессов в отдельности.

В данной работе рассмотрены новые методы определения эффективности тепловых процессов при переводе волокон тканей в высокоэластическое состояние, прессовании и виброформовании.

Для оценки предложены соответствующие критерии в виде аналитических зависимостей [36, 37], полученные на базе теории «исследование операций». Так, при переводе волокон тканей в высокоэластическое состояние учитываются механическая износостойкость ткани швейного изделия до и после обработки, неровности поверхности (помятость), искажение геометрической формы до и после ВТО. Кроме того, критерий учитывает расчетное время и время выполнения операции.

При этом численные значения критерия определяются полученным уравнением:

$$K = \alpha_1 \frac{\sum_{i=1}^N \tau_{\tau_i}}{\sum_{j=1}^n \int_0^{+\infty} \tau_{o_j} \cdot f_j(\tau_{o_j}) \cdot d\tau_{o_j}} + \alpha_2 \frac{T_{\text{н}}}{\int_0^{+\infty} T_{o_{\text{н}}} \cdot f(T_{o_{\text{н}}}) \cdot dT_{o_{\text{н}}}} +$$

$$+ \alpha_3 \frac{\hat{K}}{\int_0^{\infty} K \cdot f_K(K) \cdot dK} + \alpha_4 \frac{\hat{\varepsilon}}{\int_0^{\infty} \varepsilon \cdot f_{\varepsilon}(\varepsilon) \cdot d\varepsilon}, \quad (5.1)$$

- где: τ_{τ_i} — расчетное время выполнения технологической операции (перехода) с номером i , ч;
- τ_{o_j} — время выполнения технологической операции (перехода) с номером j , ч;
- N — расчетное число технологических операций (переходов);
- n — число технологических операций (переходов), $n > N$;
- $f_j(\tau_{o_j})$ — плотность распределения случайной величины τ_{o_j} ;
- $T_{\text{н}}$ — механическая износостойкость ткани швейного изделия до ВТО, ч;
- $T_{o_{\text{н}}}$ — механическая износостойкость ткани швейного изделия после ВТО, ч;
- $f(T_{o_{\text{н}}})$ — плотность распределения случайной величины $T_{o_{\text{н}}}$;
- K — коэффициент неровностей после ВТО;
- $f_K(K)$ — плотность распределения случайной величины K ;
- \hat{K} — коэффициент неровностей до ВТО;
- $\hat{\varepsilon}$ — коэффициент искажения формы после ВТО;
- $f_{\varepsilon}(\varepsilon)$ — плотность распределения случайной величины ε ;
- ε — коэффициент искажения формы до ВТО;
- $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ — коэффициенты взвешенности критериев.

Выбор этих коэффициентов определяется иерархией важности критериев: $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 = 1$.

Для эффективности тепловых процессов при прессовании [38] учитываются длительность теплового воздействия на полуфабрикат, влажность и температура пакета тканей в процессе статического механического воздействия. Численные значения критерия определяются уравнением:

$$K = \alpha_1 \cdot \frac{\tau}{\int_0^{+\infty} f(\tau_0) \cdot \tau_0 \cdot d\tau_0} + \alpha_2 \cdot \frac{T}{\int_0^{+\infty} f(T_0) \cdot T_0 \cdot dT_0} + \alpha_3 \cdot \left(\frac{W}{\int_0^{+\infty} f(W_0) \cdot W_0 \cdot dW_0} \right)^{-1}, \quad (5.2)$$

где: τ — расчетная длительность теплового воздействия на полуфабрикат в процессе прессования, ч;

τ_0 — длительность теплового воздействия на полуфабрикат в процессе прессования, ч;

T — температура пакета тканей швейного изделия до процесса прессования, °C;

T_0 — температура пакета тканей швейного изделия после процесса прессования, °C;

W — влажность пакета тканей швейного изделия до процесса прессования, %;

W_0 — влажность пакета тканей швейного изделия после процесса прессования, %;

$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$;

$\alpha_i > 0$, где $i = 1 \dots 3$;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ — коэффициенты взвешенности критериев.

Для определения эффективности тепловых процессов при виброформовании [39] предложен критерий, характеризующийся длительностью теплового воздействия на полуфабрикат влажностью и температурой пакета тканей. Численные значения критерия определяются уравнением:

$$K = \alpha_1 \cdot \frac{\tau}{\int_0^{+\infty} f(\tau_0) \cdot \tau_0 \cdot d\tau_0} + \alpha_2 \cdot \frac{T}{\int_0^{+\infty} f(T_0) \cdot T_0 \cdot dT_0} + \alpha_3 \cdot \left(\frac{W}{\int_0^{+\infty} f(W_0) \cdot W_0 \cdot dW_0} \right)^{-1}, \quad (5.3)$$

где: τ — расчетная длительность теплового воздействия на полуфабрикат в процессе виброформования, ч;

τ_0 — длительность теплового воздействия на полуфабрикат в процессе виброформования, ч;

T — температура пакета тканей швейного изделия до процесса виброформования, °С;

T_0 — температура пакета тканей швейного изделия после процесса виброформования, °С;

W — влажность пакета тканей швейного изделия до процесса виброформования, %;

W_0 — влажность пакета тканей швейного изделия после процесса виброформования, %;

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1;$$

$$\alpha_i > 0, \text{ где } i = 1 \dots 3;$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ — коэффициенты взвешенности критериев.

Критерии оценки эффективности позволяют оптимизировать параметры тепловых процессов, а приведенные уравнения — определять аналитическим путем соответствующие числовые значения на стадии разработки технологии окончательной ВТО.

Предложенный подход позволяет улучшить качество и товарный вид, повысить износостойкость изделия и экономические показатели процесса.

ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

6.1. НОВЫЙ СПОСОБ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

Анализ известных способов и технологий окончательной ВТО [40–42] и результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований позволили разработать новый способ окончательной ВТО швейных изделий с приоритетным учетом тепловых процессов при переводе волокон тканей в высокоэластическое состояние, прессовании и виброформовании [43–50].

Отличительной особенностью предлагаемого способа является то, что обработка стойки воротника, верха рукавов, боковых карманов, плечевых окатов, лацканов осуществляется с двусторонним их пропариванием и последующим пропариванием только со стороны подкладки. При этом область боковых карманов пропаривается только со стороны лицевой части.

Кроме того, участки полуфабриката пропаривают с нагреванием его лицевой части до температуры не более 160°C. Через $\frac{3}{4}$ длительности пропаривания осуществляют прессование в течение $\frac{1}{4}$ длительности пропаривания. Одновременно с прекращением пропаривания полуфабрикат выдерживают под нагрузкой, воздействуя на него рабочей поверхностью верхней подушки, нагретой до 200°C, для предварительной сушки с ее окончанием в начале разгрузки.

Второе пропаривание полуфабриката начинают одновременно с виброформованием. После пропаривания полуфабрикат подвергают тепловому воздействию нагретым до 200°C воздухом. Через $\frac{1}{2}$ длительности теплового воздействия продолжают обрабатывать вибрацией, а тепловое воздействие продолжают до $\frac{1}{2}$ длительности процесса виброобработки.

При этом введена операция аспирации, которую начинают одновременно с операцией первого пропаривания и заканчивают одновременно с началом стабилизации вакуумным отсосом.

На базе нового способа разработаны основные приемы окончательной ВТО мужского пиджака, представленные на рисунках 6.1–6.20.

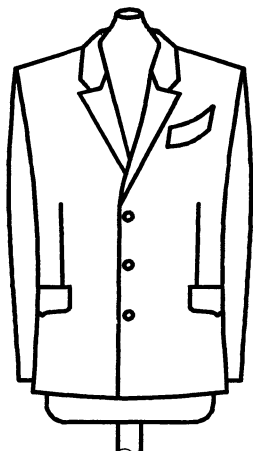


Рисунок 6.1 – Расположение пиджака после навешивания на манекен

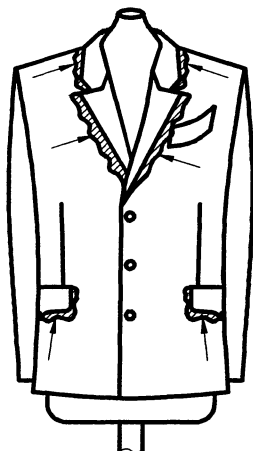


Рисунок 6.2 – Подвод шаблонов под лацканы, клапаны карманов, воротник

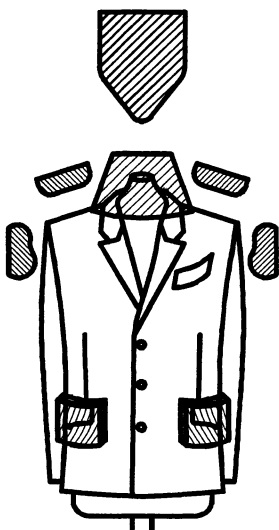


Рисунок 6.3 – Подвод с зазором подушек стойки воротника, верха рукавов, клапанов карманов

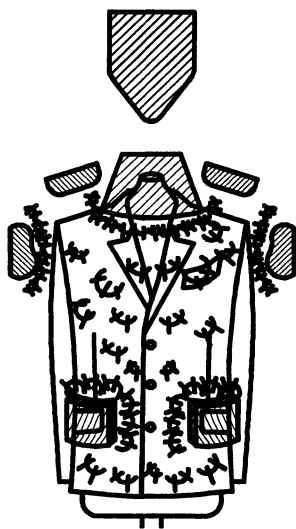


Рисунок 6.4 – Пропаривание со стороны верха изделия в области стойки воротника, верха рукавов, клапанов карманов и со стороны подкладки через торс и бюст манекена

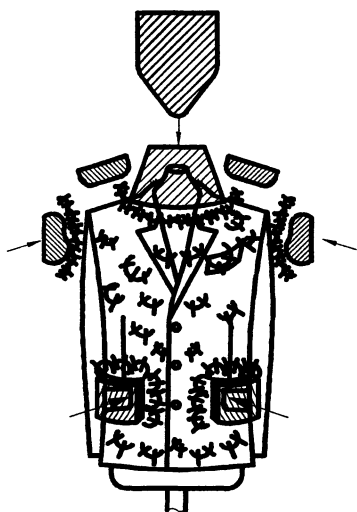


Рисунок 6.5 — Пропаривание через торс и бюст манекена и со стороны верха изделия в области стойки воротника, верха рукавов, клапанов карманов совместно с прессованием

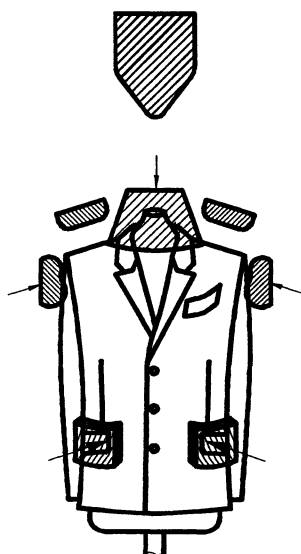


Рисунок 6.6 — Прессование в области стойки воротника, верха рукавов, клапанов карманов

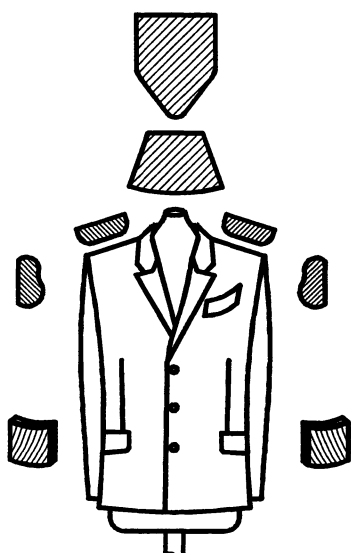


Рисунок 6.7 — Подвод с зазором подушек плечевых окатов

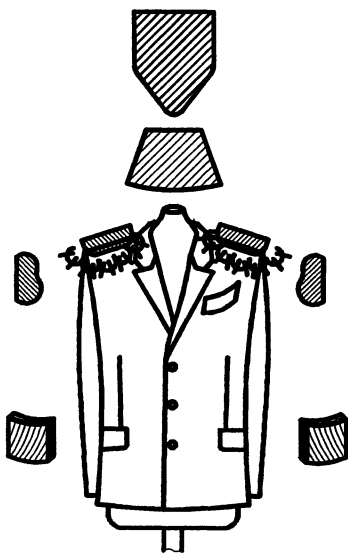


Рисунок 6.8 — Пропаривание со стороны верха изделия в области плечевых окатов

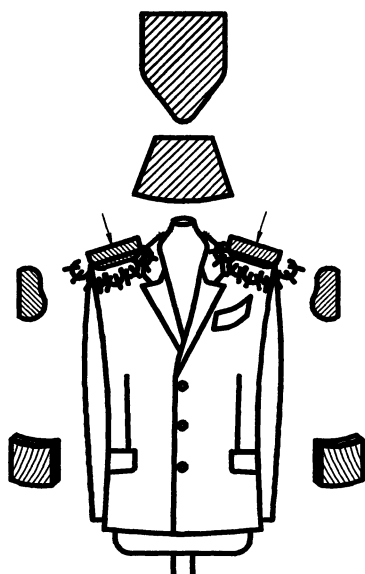


Рисунок 6.9 — Пропаривание со стороны верха изделия совместно с прессованием в области плечевых окатов

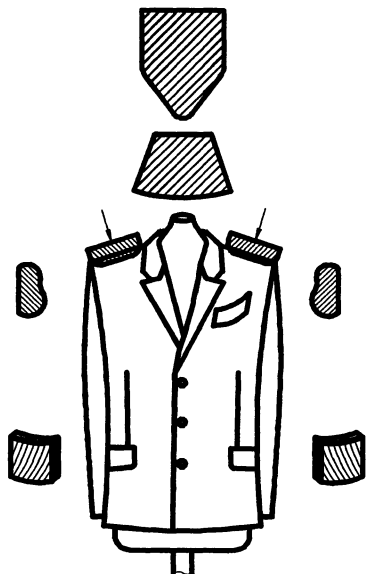


Рисунок 6.10 — Прессование в области плечевых окатов

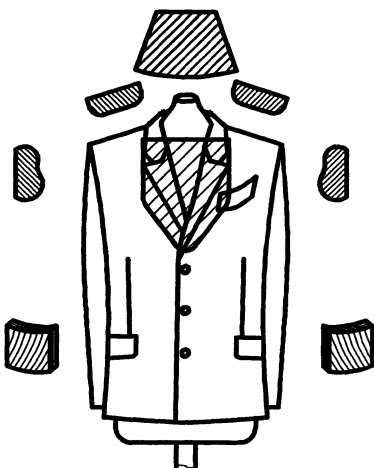


Рисунок 6.11 — Подвод с зазором подушки лацканов

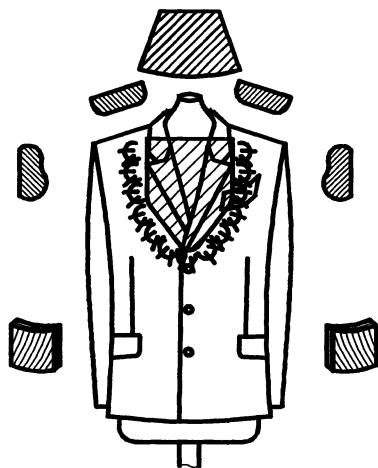


Рисунок 6.12 — Пропаривание со стороны верха изделия в области лацканов

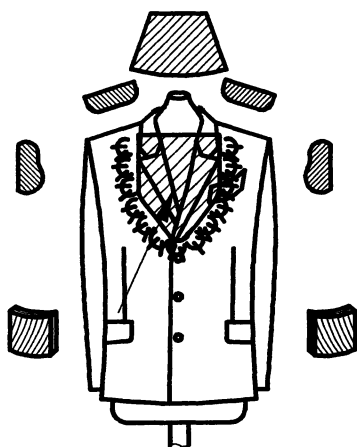


Рисунок 6.13 —
Пропаривание со стороны
верха изделия совместно
с прессованием в области
лацканов

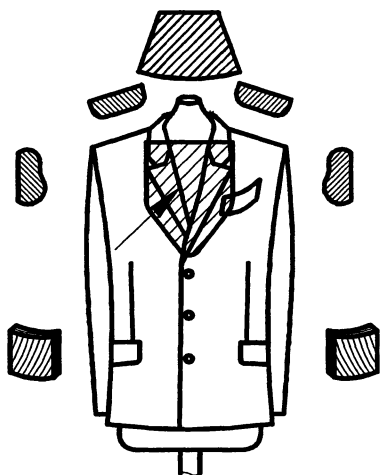


Рисунок 6.14 — Прессование
в области лацканов

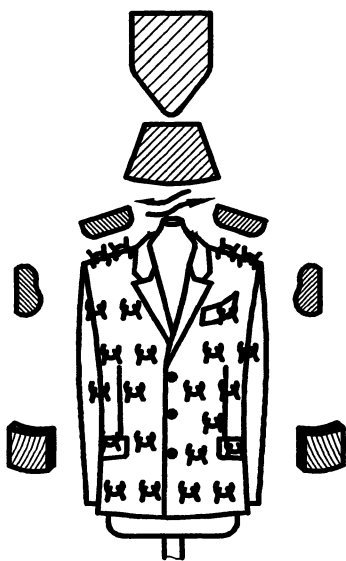


Рисунок 6.15 — Пропаривание
через торс и бюст манекена
и виброформование

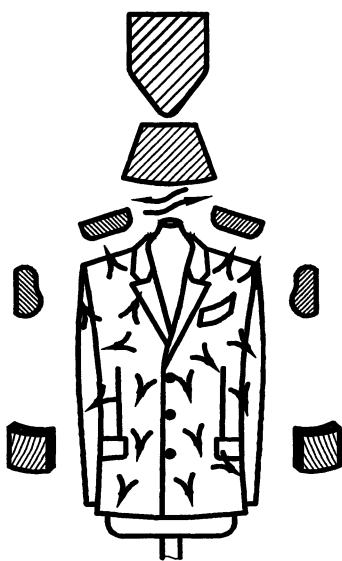


Рисунок 6.16 — Виброформование и обработка
нагретым воздухом через
торс и бюст манекена

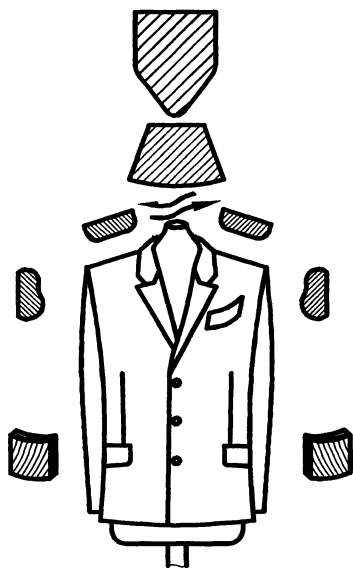


Рисунок 6.17 —
Виброформование



Рисунок 6.18 — Аспирация

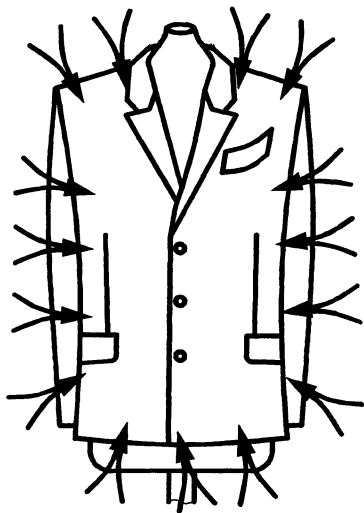


Рисунок 6.19 —
Стабилизация вакуумным
отсосом через торс и бюст
манекена

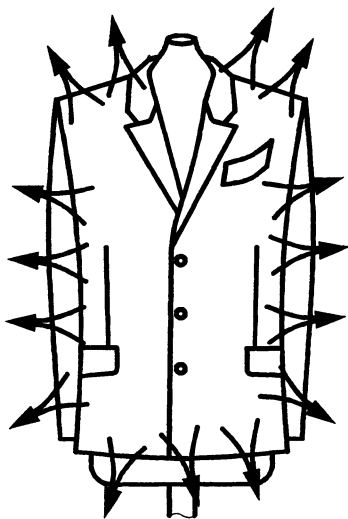


Рисунок 6.20 — Поддув
пиджака холодным воздухом

6.2. ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ МУЖСКОГО ПИДЖАКА

Существующие технологии проведения влажно-тепловой обработки обуславливают проведение дополнительных операций по утюжке и снятию лас, что не обеспечивает заданных требований к качеству изготовленных изделий и снижает производительность технологических процессов [1–8].

Предложенный способ влажно-тепловой обработки позволил разработать перспективный технологический процесс окончательной влажно-тепловой обработки мужского пиджака [52–53].

При этом после навешивания пиджака на манекен и подвода шаблонов под лацканы, клапаны боковых карманов и воротник обработка осуществляется в автоматическом режиме.

Затем верхние подушки стойки воротника, верха рукавов, клапанов боковых карманов подводят к изделию с зазором 5...10 мм и через них, а также через бюст манекена производят пропаривание технологическим паром. При этом $T_{\text{пара}} \geq 135^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{вл}} \geq 150^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{ман}} \geq 110^{\circ}\text{C}$.

Через $\frac{3}{4}$ длительности пропаривания осуществляют одновременное прессование стойки воротника, верха рукавов и клапанов боковых карманов с последующим прессованием без пропаривания. При этом $P_{\text{max}} = 0,04$ МПа, $T_{\text{вл}} \leq 200^{\circ}\text{C}$.

По окончании процесса прессования и отвода подушек вышеупомянутых участков мужского пиджака в исходное положение для обработки плечевых окатов подводят подушки с зазором 5...10 мм, с помощью которых осуществляют пропаривание при температуре пара $\geq 135^{\circ}\text{C}$, а затем прессование при давлении 0,04 МПа, после чего подушки отводят в исходное положение. Затем подводят с зазором 5...10 мм подушки для обработки лацканов, пропаривают их при температуре пара $\geq 135^{\circ}\text{C}$, а затем прессуют давлением 0,04 МПа.

После отвода соответствующих подушек в исходное положение изделие пропаривают через бюст и торс манекена со стороны подкладки паром ($T_{\text{пара}} \geq 135^{\circ}\text{C}$) с одновременным виброформованием.

После пропаривания изделие подвергают продуванию нагретым до 200°C воздухом, а через $\frac{1}{2}$ длительности продувания его продолжают обрабатывать вибрацией. При этом

длительность продувания равна $\frac{1}{2}$ длительности виброобработки. Частота вибрации равна 3–20 Гц, а амплитуда — 0,5 мм.

Операцию вибрационного воздействия проводят до придания изделию заданной геометрической формы с амплитудой, значения которой изменяются по гармоническому закону.

Стабилизация производится вакуумным отсосом через изделие в области бюста и торса манекена. Производительность отсасываемого воздуха составляет $0,11 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ при разрежении 49 Па.

Кроме того, дополнительно введена операция аспирации (удаления) отработанного технологического пара, воздуха и тепла, которую начинают одновременно с операцией пропаривания изделия со стороны лицевой части и заканчивают с началом стабилизации изделия вакуумным отсосом.

Съем обработанного полуфабриката производят вручную.

На рисунке 6.21 в табличной форме представлен разработанный технологический процесс окончательной ВТО мужского пиджака.

При этом разработанная технология позволяет осуществлять окончательную ВТО комбинированным воздействием прессования и вибрации без перенавешивания и переукладки пиджака, что обеспечивает требуемое качество изделия и оптимальную производительность.

Список литературы

1. Macpi – ITMA – Neuentwicklungen [Text] // Bekleidung und Wasche. – 1976. – № 6. – P. 330 – 334.
2. Leopold W. Technische Formeen Leipzig [Text] / W. Leopold, H. Kuchling, C. P. Berger // Fachbuch Verlag, 1969. – P. 28.
3. S.A. France № 2.240.976, D06F 73/00 Repassage confection multipresse / P. Lemaire // Bulletin officiel de la propriété industrielle. – Societe anonyme dite: Se CIE, rep. par. Bugnion International France, 1973, № 13.
4. Die beliebte Sacco – Matic [Text]: Hoffman maschinen GMBH Koln: Mulheim, 1974. – 48 p.
5. Gunter Goring Rationalisierung in der Bugelei [Text] / Gunter Goring // Bekleidung und Wasche. – 1972. – № 11. – P. 796 – 804.
6. Gunter Goring Rationalisierung in der Bugelei [Text] / Gunter Goring // Bekleidung und Wasche. – 1972. – № 12. – P. 885 – 889. Gunter Goring.
7. Временная инструкция по организации централизованных цехов ВТО швейных изделий [Текст] // М.: ЦНИИ-ТЭИлегпром, 1982. – 204 с.
8. Агрегат для окончательной ВТО мужского пиджака [Текст]: Отчет о НИР по теме 08-73 / Орловский НИИЛЕГМАШ; рук. Салищев С.Н.; исполн.: Калмыков Г.В., Пудов В.А. – Орел, 1973. – 71 с.
9. Черепенько А.П. Математическая модель процесса перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние при малооперационной окончательной ВТО [Текст] / А.П. Черепенько, Д.И. Болотских, В.И. Малько; АО «Радуга». – Орел, 1997. – 17 с. Деп. В ВИНТИ 29.10.97, № 3178 – В97.
10. Черепенько А.П. Теплофизические и физико-механические характеристики процесса ВТО швейных изделий [Текст] / А.П. Черепенько, Д.И. Болотских, Г.В.Калмыков; АО «Радуга». – Орел, 1997. – 33 с. Деп. В ВИНТИ 29.10.97, № 3179 – В97.
11. Черепенько А.П. Теоретические методы определения тепловых параметров влажно-тепловой обработки швейных изделий [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, В.И. Малько; ОГУ. – Орел, 2001. – 30 с. Деп. В ВИНТИ 06.03.01, № 582 – В01.

12. Разработка теоретических и технологических основ окончательной влажно-тепловой обработки (ВТО) мужского пиджака [Текст]: Отчет о НИР (заключ.): НТП ТОО-10. 4-2477 / Минобразования РФ; рук. Черепенько А.П.; исполн.: Черепенько А.А. [и др.]. – М., 2002. – 72 с. № ГР 01.2.00101809.
13. Черепенько А.П. Методика определения технологических параметров окончательной влажно-тепловой обработки одежды сотрудников силовых структур [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, А.В. Горышин // Межвузовский сборник научных трудов. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2004. – С. 333 – 336.
14. Черепенько А.П. Теоретические исследования процесса перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние при окончательной влажно-тепловой обработке кителя для военнослужащих [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, А.В. Горышин, Е.В. Манжула / МИУиС. – М., 2005. – 39 с. Деп. В ВИНТИ 09.12.2005, № 1636 – В2005.
15. Черепенько А.П. Теплофизические процессы влажно-тепловой обработки швейных изделий [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, А.В. Горышин, Е.В. Манжула / МИУиС. – М., 2005. – 37 с. Деп. В ВИНТИ 09.12.2005, № 1637 – В 2005.
16. Черепенько А.П. Исследование комплексного влияния тепла, температуры и влаги на изменение свойств текстильных материалов и расчет параметров теплофизических процессов ВТО в виртуальных лабораторных практикумах [Текст] / Е.В. Манжула, А.П. Черепенько, А.Э. Попов // «Информационные технологии в образовании и науке»: Мат-лы всеросс. науч.-практ. конф. Ч.1. – М.: МФЮА, 2006. – С. 134 – 140.
17. Черепенько А.А. Теоретические основы процесса перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние при влажно-тепловой обработке [Текст] / А.А. Черепенько, А.П. Черепенько // Научный журнал. Индустрия дизайна и технологии. Алматы, 2008. – № 4. – С. 11–17.
18. Черепенько А.П. Исследование тепловых процессов окончательной влажно-тепловой обработки при механическом воздействии на полуфабрикат [Текст] / А.П. Черепенько, Н.П. Зубова, В.И. Малько // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности. «Прогресс – 2001»: Тезисы докл. межд. науч.-техн. конф. – Иваново: ИГТА, 2001. – С. 233–234.
19. Зубова Н.П. Математическая модель теплофизических процессов при прессовании конструктивных элементов мужского пиджака [Текст] / Н.П. Зубова, А.А. Черепень-

- ко, А.П. Черепенько, В.И. Малько // *Фундаментальные и прикладные проблемы технологии машиностроения «Технология 2002»*: Сб. научн. тр. межд. научн.-техн. конф. – Орел: ОрелГТУ, 2002. – С. 213–218.
20. Черепенько А.П. Математическая модель теплофизических процессов при виброформовании полочек и спинки мужского пиджака [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, Н.П. Зубова, В.И. Малько // *«Наука и образование, новые технологии»*: Межвузовский сб. науч. труд. / М.: МГУДТ, 2002. – С. 153–157.
21. Черепенько А.П. Исследование тепловых процессов виброформования и разработка эффективного способа и технологии окончательной влажно-тепловой обработки [Текст] / Е.В. Манжула, А.П. Черепенько // *Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки.* – 2006. – № 2. – С. 101–103.
22. Лыков А. В. Тепло и массоперенос в процессе сушки [Текст] / А. В. Лыков. – Л.-М.: Госэнергоиздат, 1956. – 288 с.
23. Черепенько А.П. Экспериментальные исследования тепловых процессов ВТО швейных изделий [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, Н.П. Зубова // *Фундаментальные и прикладные проблемы технологии машиностроения «Технология 2001»*: Сб. научн. тр. межд. научн.-техн. конф. – Орел: ОрелГТУ, 2001. – С. 285–287.
24. Черепенько А.П. Экспериментальные исследования процесса перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние при влажно-тепловой обработке кителя для военнослужащих [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, Д.И. Болотских // *Фундаментальные и прикладные проблемы технологии машиностроения «Технология 2002»*: Сб. научн. тр. межд. научн.-техн. конф. – Орел: ОрелГТУ, 2002. – С. 268–270.
25. Черепенько А.П. Экспериментальные исследования процесса перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние при окончательной ВТО обмундирования сотрудников спецподразделений [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, А.В. Горышин // Сб. научных трудов филиала ГОУВПО Московский государственный университет сервиса. – Сочи: ООО Сочи-Дизайн, МГУС, 2005. – С. 157.
26. Зубова Н.П. Экспериментальные исследования тепловых процессов окончательной ВТО мужского пиджака [Текст] / Н.П. Зубова, А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, В.И. Малько // *Фундаментальные и прикладные проблемы технологии машиностроения «Технология – 2001»*: Сб. научн. тр. межд. научн.-техн. конф. – Орел: ОрелГТУ, 2001. – С. 234–237.
27. Черепенько А.А. Теоретические основы автоматизации

- влажно-тепловой обработки швейных изделий [Текст] / А.А. Черепенько, А.П. Черепенько // Швейная промышленность. – 2008. – № 3. – С. 25 – 27.
28. Патент РФ № 2284385, МКИ D06F 71/18 Способ автоматического управления процессом влажно-тепловой обработки швейных изделий [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько – Заяв. 07.02.05; Оpubл. 27.09.06, Бюл. № 27.
29. Патент РФ № 2290467, МКИ D06F 71/18. Способ автоматического контроля и управления влажно-тепловой обработкой швейных изделий [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько – Заяв. 07.02.05; Оpubл. 27.12.06, Бюл. № 36.
30. Патент РФ № 2291239, МКИ D06F 71/00. Способ автоматического контроля и управления влажно-тепловой обработкой швейных изделий [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько – Заяв. 07.02.05; Оpubл. 10.01.07, Бюл. № 1.
31. Патент РФ № 2290466, МКИ D06F 71/08. Способ автоматического управления процессом влажно-тепловой обработки швейных изделий [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько – Заяв. 07.02.05; Оpubл. 27.12.06, Бюл. № 36.
32. Патент РФ № 2290465, МКИ D06F 71/00. Способ автоматического управления процессом влажно-тепловой обработки швейных изделий [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько – Заяв. 09.03.05; Оpubл. 27.12.06, Бюл. № 36.
33. Черепенько А.П. Об оценке качества процессов ВТО швейных изделий [Текст] / А.П. Черепенько, С.С. Эппель, Л.Д. Дяблова // Известия вузов. Киев. Сер. «Технология легкой промышленности». – 1983. – № 2. – С. 117 – 120.
34. Черепенько А.П. Выбор обобщенного показателя качества процессов ВТО в швейном производстве [Текст] / А.П. Черепенько, С.С. Эппель, Л.Д. Дяблова // Известия вузов. Киев. Сер. «Технология легкой промышленности». – 1983. – № 3. – С. 99 – 103.
35. Черепенько А.П. Внутрипроцессная малооперационная влажно-тепловая обработка швейных изделий [Текст] / А.П. Черепенько, Е.Х. Мелихов, С.С. Иванов, А.А. Черепенько. – М.: Машиностроение, 2000. – 172 с.
36. Черепенько А.П. Параметрический анализ при разработке эффективной технологии окончательной ВТО кителя для военнослужащих [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, Д.И. Болотских, А.М. Гаврилин // Фундаментальные и прикладные проблемы технологии машиностроения «Технология – 2002»: Сб. научн. тр. межд. научн.-техн. конф. – Орел: ОрелГТУ, 2002. – С. 289 – 292.
37. Черепенько А.П. Оценка эффективности технологических процессов окончательной ВТО швейных изделий [Текст] / А.П. Черепенько, Д.И. Болотских, В.И. Малько // Швейная промышленность. – 1997. – № 6. – С. 21.

38. Черепенько А.П. Оценка эффективности теплофизических процессов при прессовании и виброформовании в процессе окончательной ВТО [Текст] / А.П. Черепенько, Н.П. Зубова, А.А. Черепенько // Известия ОрелГТУ. Сер. «Машиностроение. Приборостроение». – 2004. – № 1. – С. 56 – 57.
39. Черепенько А.А. Совершенствование методов оценки качества влажно-тепловой обработки изделий легкой промышленности [Текст] / Е.В. Манжула, А.П. Черепенько // «Метрологическое обеспечение, стандартизация и сертификация в сфере услуг»: Сб. науч. статей международной научно-практической конф. – Шахты: ЮРГУ-ЭС, 2006. – С. 122 – 124.
40. Черепенько А.П. Системный анализ для исследований теплофизических процессов окончательной ВТО мужского пиджака [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, В.И. Малько // Фундаментальные и прикладные проблемы технологии машиностроения «Технология – 2001»: Сб. науч. тр. межд. научн.-техн. конф. – Орел: ОрелГТУ, 2001. – С. 288 – 294.
41. Черепенько А.П. Системный подход к проектированию технологических процессов окончательной ВТО обмундирования для сотрудников спецподразделений [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, А.В. Горышин // «Научные исследования в области техники и технологий»: Межвузовский сборник научных трудов. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2004. – С. 130 – 137.
42. Е.В. Манжула. Использование системного подхода при изучении теплофизических процессов ВТО и разработке методических рекомендаций по определению их параметров для виртуальных лабораторных практикумов специальности «Технология швейных изделий» [Текст] / Е.В. Манжула, А.П. Черепенько, А.Э. Попов // «Информационные технологии в образовании и науке»: Материалы всероссийской научно-практической конференции. Ч. 1. – М.: МФЮА, 2006. – С. 130 – 133.
43. А. с. № 1670013 СССР, МКИ D06F 71 /18. Способ формования объемных деталей одежды на вибропрессе [Текст] / А.П. Черепенько, Н.П. Березненко, Н.А. Куцевский, Ю.Н. Левицкий – Заяв. 30.11.87; Опубл. 15.08.91, Бюл. № 36.
44. А. с. № 1738881 СССР, МКИ D06F71/00 Способ формования объемных частей деталей одежды и устройство для его осуществления [Текст] / А.П. Черепенько, М.М. Калугин, Н.А. Рахманов, С.С. Иванов – Заяв. 26.09.89; Опубл. 07.06.92, Бюл. № 21.
45. Патент РФ № 2064989, МКИ D06F71/04 Способ формования объемных и криволинейных участков деталей одеж-

- ды [Текст] / А.П. Черепенько, В.А. Скалаух, Д.И. Болотских – Заяв.14.12.93; Оpubл.10.0896, Бюл. № 22.
46. Патент РФ № 2077241, МКИ А41Н43/00 // D06F71/00 Способ формования и дублирования объемных и криволинейных участков деталей одежды [Текст] / А.П. Черепенько, В.А. Скалаух, Д.И. Болотских – Заяв. 14.12.93; Оpubл. 20.04.97, Бюл. № 11.
47. Черепенько А.П. Разработка нового способа и технологического процесса окончательной ВТО мужского пиджака [Текст] / А.П. Черепенько, Д.И. Болотских // Швейная промышленность. – 1997. – № 6. – С. 18 – 20.
48. Патент РФ № 2191857, МКИ D06F 71/04 Способ перевода волокон тканей полуфабриката в высокоэластическое состояние при влажно-тепловой обработке / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, В.И. Малько – Заяв. 06.12.01; Оpubл. 27.10.02, Бюл. № 30.
49. Патент РФ № 2193082, МКИ D06F 71/00 // А41Н43/00 Способ теплового воздействия на полуфабрикат в процессе прессования / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, Н.П. Зубова, В.И. Малько – Заяв. 06.12.01; Оpubл. 20.11.02, Бюл. № 32.
50. Патент РФ № 2193083, МКИ МКИ D06F 71/00 // А41Н43/00 Способ перевода волокон тканей полуфабриката в застеклованное состояние при влажно-тепловой обработке / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, С.А. Лукьянчикова, В.И. Малько – Заяв. 06.12.01; Оpubл. 20.11.02, Бюл. № 32.
51. Патент РФ № 2194105, МКИ D06F 71/00 // А41Н43/00 Способ тепловой обработки полуфабриката в процессе виброформования / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, Н.П. Зубова, В.И. Малько – Заяв. 06.12.01; Оpubл. 10.12.02, Бюл. № 34.
52. Черепенько А.П., Черепенько А.А., Зубова Н.П. Новый технологический процесс окончательной влажно-тепловой обработки мужского пиджака [Текст] / А.П. Черепенько, А.А. Черепенько, Н.П. Зубова // Фундаментальные и прикладные проблемы технологии машиностроения «Технология – 2003»: Сб. научн. тр. межд. научн.-техн. конф. – Орел: ОрелГТУ, 2003. – С. 316 – 324.
53. Черепенько А.А. Перспективный технологический процесс окончательной влажно-тепловой обработки мужского пиджака [Текст] / А.А. Черепенько, А.П. Черепенько // Швейная промышленность. – 2008. – № 4. – С. 42 – 43.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ..	4
1.1. Технологический процесс окончательной ВТО мужского пиджака фирмы «Maspi» — Италия	4
1.2. Технологический процесс окончательной ВТО мужского пиджака фирмы «Indupress» — Германия	7
1.3. Технологический процесс окончательной ВТО мужского пиджака фирмы «Большевичка» — Россия ..	10
1.4. Технологический процесс окончательной ВТО мужского пиджака фирмы «Goffman» — Германия	15
1.5. Технологический процесс окончательной ВТО мужского пиджака «ЦНИИШП» — Россия	20
1.6. Технологический процесс окончательной ВТО мужского пиджака фирмы «Juki» — Япония	29
Глава 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ	36
2.1. Математическая модель теплофизических процессов перевода волокон тканей изделия в высокоэластическое состояние	37
2.2. Математическая модель теплофизических процессов при статическом механическом воздействии на изделие	50
2.3. Математическая модель теплофизических процессов при динамическом воздействии на изделие	66
2.4. Математическая модель теплофизических процессов при сушке изделия нагретым воздухом	70
2.5. Математическая модель теплофизических процессов при переводе волокон тканей в застеклованное состояние	73

Глава 3. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ШВЕЙНОГО ИЗДЕЛИЯ	76
3.1. Математические модели процесса перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние	76
3.1.1. Зависимость температуры от толщины пакета тканей при фиксированном времени	77
3.1.2. Зависимость температуры от времени по толщинам пакетов тканей	92
3.2. Математические модели тепловых процессов при прессовании	98
3.2.1. Зависимость температуры от толщины пакета тканей при фиксированном времени	98
3.2.2. Зависимость температуры от времени по толщинам пакетов тканей	114
3.3. Математические модели тепловых процессов при виброформовании	122
3.3.1. Зависимость температуры от толщины пакетов тканей	122
3.3.2. Зависимость температуры от времени по толщинам пакетов тканей	133
Глава 4. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ	140
4.1. Математическая модель автоматического управления процессом перевода волокон тканей в высокоэластическое состояние	140
4.2. Математическая модель автоматического контроля состояния тепловых параметров полуфабриката при виброформовании	143
4.3. Математическая модель автоматического управления тепловым процессом при прессовании	144
4.4. Математическая модель автоматического управления процессом сушки	145
4.5. Математическая модель автоматического управления процессом стабилизации	148
Глава 5. АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ	151

Глава 6. ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОКОНЧА-	
ТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ	155
6.1. Новый способ окончательной влажно-тепловой	
обработки	155
6.2. Перспективный технологический процесс окон-	
чательной влажно-тепловой обработки мужского	
пиджака	161
Список литературы	165

А.П. Черепенько, А.А. Черепенько

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ
ОБРАБОТКИ
ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Монография

**Под редакцией доктора физико-математических
наук, профессора, почетного работника высшего
профессионального образования РФ, заслуженного
работника высшей школы, заслуженного деятеля науки,
зав. лабораторией математических исследований ИПМИ
ВНЦ РАН В. Г. ФЕТИСОВА**

Корректор А. А. Гудкова

ИБ 20349

ООО «Прогресс ИД»

119021, Москва, Zubovskiy b-r, 17

**Подписано в печать 28.01.2009 г. Формат 70x100 ¹/₁₆.
Усл. п. л. 12,87. Тираж 500 экз. Изд. № 50059. Зак. № 5615.**

**Верстка и печать ОАО «Типография «Труд».
302028, г. Орел, ул. Ленина, 1.**