

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО «ИГХТУ»

Н.Е. Гордина

2026 г.



В диссертационный совет 24.2.300.02 при Федеральном государственном
бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ивановский
государственный политехнический университет»
153000, г. Иваново, Шереметьевский проспект, д. 21

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Буланова Дмитрия Андреевича

на тему: «Проектирование рациональных структур плоскостворачиваемых
гибких рукавов в зависимости от величины внутреннего гидростатического
давления», представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.6.16 Технология производства изделий
текстильной и легкой промышленности

На отзыв представлены: диссертация и автореферат. Диссертация
состоит из введения, четырех глав, выводов по каждой главе, общих выводов
по работе, библиографического списка использованной литературы и трех
приложений. Работа изложена на 151 странице машинописного текста,
включает 29 рисунков, 3 таблицы. Список использованной литературы
содержит 203 наименования. Приложения представлены на трех страницах.
Представленная диссертация выполнена на кафедре мехатроники и
радиоэлектроники ИВГПУ, научный руководитель, доктор технических наук,
доцент, профессор кафедры теоретической и прикладной механики ФГБОУ
ВО «Ивановского государственного энергетического университета
имени В.И. Ленина» Степанов Сергей Гаевич.

Актуальность темы исследования.

В настоящее время плоскосворачиваемые гибкие рукава (ПГР) на основе армирующих тканевых оболочек (АТО) активно используют во многих отраслях промышленности для перекачки жидкостей. Срок службы и эксплуатационные характеристики этих изделий во многом зависят от рационального подбора их конструктивных параметров. Одним из основных критериев работоспособности рукава является разрывное внутреннее гидростатическое давление (ВГД). На сегодняшний день рукава, произведенные в Российской Федерации, уступают иностранным аналогам по ряду показателей, поэтому важно развивать методики их проектирования с целью снижения материалоемкости, себестоимости для получения конкурентоспособных изделий в целом.

Целью диссертационного исследования является снижение материалоемкости и себестоимости плоскосворачиваемых гибких рукавов посредством рационального подбора их структурных параметров. Достижение поставленной цели предполагается за счёт применения разработанной методики расчёта и проектирования, позволяющей осуществлять прогнозирование значений разрывного давления с учётом специфики взаимодействия нитей в структуре армирующей тканой оболочки при действии внутреннего гидростатического давления.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- 1) разработана обобщенная математическая модель, описывающая взаимодействие нитей в АТО ПГР под воздействием внутреннего гидростатического давления;
- 2) получены практически применимые зависимости для расчета несущей способности ПГР;
- 3) подтверждена достоверность формул для прочностного расчета ПГР при действии внутреннего гидростатического давления путем сопоставления теоретических результатов с экспериментально полученными данными;

4) разработана усовершенствованная, научно обоснованная методика расчета и рационального проектирования структуры ПГР;

5) подтверждена эффективность методики в случае необходимости снижения материалоемкости полученного изделия.

Научная новизна работы состоит в формировании усовершенствованной методики, позволяющей комплексно учитывать ряд определяющих факторов при проектировании структуры плоскосворачиваемых гибких рукавов: влияние связующего (полиуретана), увеличение геометрической плотности ткани АТО по основе и утку, а также радиуса рукава при действии ВГД. Разработанная методика обеспечивает возможность определения рациональных структурных параметров ПГР, направленных на минимизацию материалоемкости при одновременном сохранении требуемого уровня несущей способности изделий уже на этапе проектирования ПГР.

В рамках исследования получены следующие научные результаты:

- расчётная модель и выведена обобщённая система уравнений, адекватно описывающая механику взаимодействия нитей в армирующей тканой оболочке плоскосворачиваемых гибких рукавов с саржевым и полотняным переплетением;

- установлена аналитическая зависимость, отражающая связь величины внутреннего гидростатического давления с нелинейным изгибом нитей и ключевыми параметрами армирующей тканой оболочки;

- разработаны критерии прочности, предотвращающие разрыв рукавов, а также получены расчётные зависимости для определения разрывных давлений, соответствующих предельным состояниям как уточных, так и основных нитей;

- предложена методика расчёта и проектирования рациональных структур плоскосворачиваемых гибких рукавов, адаптированная к условиям действия внутреннего гидростатического давления.

Теоретическая значимость проведённого исследования состоит в развитии методологических положений по расчёту и проектированию структур плосковорачиваемых гибких рукавов, эксплуатируемых в условиях действия внутреннего гидростатического давления. Полученные в ходе работы результаты вносят вклад в имеющуюся теорию взаимодействия нитей в армирующей тканой оболочке, обеспечивая возможность учёта комплекса значимых факторов — в том числе влияния связующего материала, геометрической плотности ткани по нитям основы и утка и радиуса ПГР. Кроме того, сформированы предпосылки для разработки системы аналитических зависимостей, устанавливающих взаимосвязь между величиной ВГД, растягивающими усилиями в нитях и структурными параметрами рукавов. Данный подход способствует углублению научного представления о механике армирующих оболочек и создаёт теоретическую основу для совершенствования расчётных методик плосковорачиваемых гибких рукавов.

Практическая значимость результатов исследования заключается в применении методики расчета и проектирования рациональных структур плосковорачиваемых гибких рукавов и схожих с ними по конструкции аналогичных изделий при их производстве. Прошедшая государственную регистрацию, разработанная компьютерная программа, основой которой стала разработанная методика, уже применяется при изготовлении соответствующих изделий, что подтверждено актом внедрения на производственную линию в АО «ИВХИМПРОМ» г. Иваново. Благодаря входящим в программу практически применимым зависимостям, разрывные давления могут рассчитать инженеры сразу на этапе проектирования. Такой способ, в отличие от дорогостоящего экспериментального разрыва, позволяет путем выбора рациональной структуры рукавов снизить их материалоемкость и себестоимость, а также обеспечить технологичность производства на стадии их разработки. Эти подходы позволяют повысить показатели надёжности и долговечности рукавов, что способствует

формированию конкурентоспособного сегмента полимерных гибких трубопроводных систем на отечественном рынке.

Методология и методы исследования. Для решения поставленных задач использованы теоретические и экспериментальные методы. При получении теоретических положений работы использованы методы теории строения ткани и нелинейной механики гибкой нити, с помощью которых исследовано взаимодействие нитей армирующей оболочки рукава. Экспериментальное исследование модуля упругости полиуретана в соответствии с ГОСТ 9550- 81 «Пластмассы. Методы определения модуля упругости при растяжении, сжатии и изгибе» и ГОСТ 11262-80 «Пластмассы. Методы испытаний на растяжение» проводилось на испытательной машине ZY6010H (КНР). Предоставленные производителями значения по разрывным усилиям нитей АТО ПГР были подтверждены испытанием на их разрыв на разрывной машине РМИ-250 в соответствии с ГОСТ 6611.2-73 «Нити текстильные. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве».

Соответствие паспорту научной специальности.

Проблематика рассмотренная в диссертации, соответствует паспорту научной специальности 2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности (ИТЛП) по направлениям исследований: п.2 Проектирование структуры и прогнозирование показателей свойств и качества волокон, нитей, материалов и ИТЛП; п.10 Развитие теоретических основ проектирования и технологий переработки волокон, производства нитей, материалов и ИТЛП.

Личный вклад автора.

На всех этапах выполнения работы автор под руководством научного руководителя принимал личное участие в постановке цели и формулировке основных задач исследования, в планировании и проведении экспериментов, обсуждении полученных зависимостей и результатов, формулировании выводов, подготовке материалов публикаций совместно с соавторами. Доля

соискателя в опубликованных с соавторами работах по теме диссертации составляет от 30 до 80 %.

Достоверность и обоснованность научных положений, результатов, выводов и рекомендаций, приведенных в диссертационной работе, достигнута в результате:

- корректного использования методов дифференциального и интегрального исчисления, теории упругости, сопротивления материалов, нелинейной механики гибкой нити и теории строения ткани;
- подтверждением теоретических положений и расчётных зависимостей экспериментальными данными по разрывным давлениям в образцах плосковорачиваемых рукавов.

Публикации по теме диссертации в научной печати. По результатам работы опубликованы 5 статей в научных журналах и сборниках научных трудов и 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

К содержанию работы имеется ряд замечаний:

1. Следовало бы провести более глубокий и критический анализ опубликованных работ по расчету и проектированию плосковорачиваемых гибких рукавов при действии внутреннего гидростатического давления.
2. Автору следовало бы не ограничиваться рассмотрением тканых армирующих каркасов полотняного переплетения и переплетения саржа 1/2, а рассмотреть влияние других ткацких переплетений на прочностные характеристики плосковорачиваемых гибких рукавов.
3. Диссертационная работа только выиграла бы, если бы соискатель исследовал влияние на величину разрывного давления не только модуля упругости полиуретана, но и таких параметров как номинальный радиус рукава, усилие разрыва уточных нитей, модули упругости нитей, геометрическая плотность нитей ткани каркаса по основе и утку, толщина стенки рукава с построением соответствующих графиков, что, без сомнения,

можно бы было использовать для проектирования и создания рациональных структур плосковорачиваемых гибких рукавов.

4. В автореферате отмечается, что «перспективным направлением дальнейших исследований является разработка теоретических основ, методик расчёта и создание технологий производства многослойных плосковорачиваемых гибких рукавов». В связи с этим автору необходимо ответить на следующий вопрос:

- при каком количестве слоев тканых армирующих каркасов будет утрачена плосковорачиваемость гибких рукавов из-за увеличения жесткости их стенок.

Заключение

Автореферат и диссертация обладают логическим единством, грамотно структурированы. Содержание диссертационной работы последовательно раскрывает все аспекты выбранной темы. Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации. Сделанные замечания не затрагивают основ работы и не снижают ее теоретическую и практическую значимость.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.6.16 Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности, так как в ней на основе теоретических исследований взаимодействия нитей в армирующей тканой оболочке разработаны метод и алгоритм проектирования рациональных структур плосковорачиваемых гибких рукавов в зависимости от величины внутреннего гидростатического давления.

Диссертационная работа Буланова Дмитрия Андреевича «Проектирование рациональных структур плосковорачиваемых гибких рукавов в зависимости от величины внутреннего гидростатического давления», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, полностью соответствует требованиям пп.9-14 «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденного

постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, так как является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основе проведенных теоретических исследований взаимодействия нитей в армирующей тканой оболочке изложены научно обоснованные метод и алгоритм проектирования рациональных структур плоскостоворачиваемых гибких рукавов при действии внутреннего гидростатического давления, внедрение которых вносит значительный вклад в снижение материалоемкости, себестоимости и повышение конкурентоспособности изделий текстильной промышленности.

Автор диссертации Буланов Дмитрий Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.16 Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности.

Материалы диссертации и отзыв на неё заслушаны и обсуждены на заседании кафедры химической технологии волокнистых материалов ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (ИГХТУ), протокол № 7 от 31 авг. 2026г.

Отзыв составил:

к.т.н. доцент, доцент кафедры

Химической технологии волокнистых

материалов

Козлова

Ольга Витальевна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет» (ИГХТУ)

Адрес: 153000, Ивановская область, город Иваново, Шереметьевский проспект, дом 7

тел.: +7 4932329241

e-mail: rector@isuct.ru