

Экспериментальные исследования физико-механических характеристик мелиоративных трубопроводов из композитных материалов

С.Г. Новиков ¹, В.В. Малыхин ² ✉, М.Д. Будылина ³

¹ Региональный открытый социальный институт
ул. Маяковского 85, г. Курск 305009, Российская Федерация

² Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

³ Курский государственный университет
ул. Радищева 33, г. Курск 305000, Российская Федерация

✉ e-mail: malykhin1946@mail.ru

Резюме

Цель исследования. Совершенствование способов и техники поливов является важнейшей задачей орошаемого земледелия. В нашей стране и за рубежом значительная часть площадей орошается поверхностным поливом по бороздам, полосам и чекам, который наиболее приемлем при имеющем место резком удорожании энергоносителей. Все большее внимание уделяется внедрению средств механизации и автоматизации поверхностных поливов, а также разработке различных эффективных способов распределения воды по полю и сокращению ее потерь. Это с успехом достигается за счет использования на поливе гибких плоскостворачиваемых трубопроводов. Для увеличения производительности полива, повышения качества и надежности целесообразно применять конструкции с упрочненным швом или бесшовные плоскостворачиваемые трубопроводы. Целью и задачами работы являются: совершенствование поверхностных способов полива с использованием гибких мелиоративных трубопроводов, повышающих производительность полива и обеспечивающих эффективность распределения воды по полю; получение экспериментальных характеристик трубопроводов.

Методы. Согласно предъявляемым техническим требованиям и условиям эксплуатации были проведены различные физико-механические испытания тканевых каркасов, полимерных пленочных покрытий, наносимых на каркас, и трубопроводов с этими покрытиями. Эксперименты проведены по стандартным методикам, а также на разработанной специальной установке.

Результаты. Проведенные эксперименты подтвердили соответствие плоскостворачиваемых трубопроводов предъявленным техническим требованиям.

Заключение. Разработанные бесшовные и с усиленным технологическим швом плоскостворачиваемые трубопроводы имеют повышенные прочностные и эксплуатационные характеристики, что позволяет совершенствовать поверхностные способы полива и обеспечивают эффективность распределения воды по полю.

Ключевые слова: плоскостворачиваемый тканевый каркас; полимерные покрытия; орошение; водные ресурсы; физико-механические характеристики.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Новиков С.Г., Малыхин В.В., Будылина М.Д. Экспериментальные исследования физико-механических характеристик мелиоративных трубопроводов из композитных материалов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2021; 25(1): 8-24. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2021-25-1-8-24>.

Поступила в редакцию 27.10.2020

Подписана в печать 07.12.2020

Опубликована 31.03.2021

Experimental Research of Physical and Mechanical Characteristics of Reclamation Pipelines Made of Composite Materials

Sergey G. Novikov ¹, Vitaly V. Malykhin ² ✉, Marina D. Budylna ³

¹ Regional Open Social Institute
85 Mayakovskogo str., Kursk 305009, Russian Federation

² Southwest State University
50 Let Oktyabrya str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

³ Kursk State University
33 Radishcheva str., Kursk 305000, Russian Federation

✉ e-mail: malykhin1946@mail.ru

Abstract

Purpose of research. Improving irrigation methods and techniques is the most important task of irrigated agriculture. In our country and abroad, a significant part of the area is watered by surface irrigation along furrows, strips and checks, which is most acceptable in the case of a sharp increase in the cost of energy carriers. More and more attention is being paid to the introduction of mechanical aids and automation of surface irrigation, as well as the development of various effective ways to distribute water across the field and reduce its losses. This is successfully achieved by using flexible lay-flat pipelines for irrigation. To increase irrigation productivity, improve quality and reliability, it is advisable to use structures with a reinforced seam or seamless lay-flat pipelines. The goal and objectives of the paper are the following ones: improving surface irrigation methods through the use of flexible reclamation pipelines that increase irrigation productivity and ensure efficient water distribution across the field; obtaining experimental characteristics of pipelines.

Methods. According to the technical requirements and operating conditions, various physical and mechanical tests of fabric frames, polymer film coatings applied to the frame and pipelines with these coatings have been carried out. The experiments have been performed according to standard methods, as well as on a developed special installation.

Results. The undertaken experiments confirmed the compliance of lay-flat pipelines with the technical requirements.

Conclusion. The developed seamless and reinforced technological seam lay-flat pipelines have increased strength and performance characteristics, which allows you to improve surface irrigation methods and ensure the efficiency of water distribution across the field.

Keywords: lay-flat fabric frame; polymer coatings; irrigation; water.

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Novikov S. G., Malykhin V. V., Budylnina M. D. Experimental Research of Physical and Mechanical Characteristics of Reclamation Pipelines Made of Composite Materials. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2021; 25(1): 8-24 (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2021-25-1-8-24>.

Received 27.10.2020

Accepted 07.12.2020

Published 31.03.2021

Введение

В России водные ресурсы распределены крайне неравномерно по ее территории и их дефицит особенно ощущается в маловодные годы, каким является 2020 г. в бассейнах Дона, Кубани, Волги, Терека. За последние 20 лет (с 2000 по 2019 гг.) объем водопотребления в РФ на орошения, обводнения пастбищ, сельскохозяйственное водоснабжение, реабилитацию малых рек снизился с 12,6 млрд. м³ до 7,2 млрд. м³ (на 42,9%).

На современном этапе развития существенно возросли требования рационального природопользования к технике и технологиям, которые должны быть в первую очередь ресурсосберегающими и экологически безопасными.

В нашей стране и за рубежом значительная часть площадей орошается поверхностным поливом по бороздам, полосам и чекам.

Поверхностный полив наиболее приемлем, так как имеет место резкое удорожание энергоносителей в нашей стране.

Однако этот способ полива характеризуется неравномерностью распределения оросительной воды между бороздами, большими потерями на филь-

трацию и поверхностный сброс, слабо механизирован.

Указанные недостатки могут быть значительно минимизированы за счет разработки различных эффективных способов распределения воды по полю и сокращению ее потерь, внедрения средств механизации. Это с успехом достигается за счет использования на поливе гибких плоскосворачиваемых трубопроводов.

В области использования гибких мелиоративных трубопроводов основной фактор интенсификации – дальнейшее улучшение их качества, увеличение ресурса работоспособности, снижение массы и повышение других технико-экономических характеристик.

На поверхностном поливе в настоящее время широко применяют гибкие плоскосворачиваемые трубопроводы, изготавливаемые из мелиоративного материала путем его продольной склейки внахлест. Качество этих трубопроводов определяется, прежде всего, прочностью клеевого шва, которая невелика, что не позволяет создавать повышенные напоры, определяющие производительность полива.

Использование такой конструкции поливного трубопровода не в полной

мере отвечает требованиям механизированного полива, не позволяет повышать производительность шланговых поливальщиков, приводит к перерасходу мелиоративного материала на образование шва, уменьшает сроки эксплуатации трубопроводов, увеличивает затраты на их ремонт. Велики потери от размыва поливаемых площадей при разрушении шва, особенно при ночных поливах.

Для повышения качества и надежности трубопроводов, увеличения производительности и эффективности полива целесообразно применять трубопроводы шовной конструкции с более прочным швом или (что более перспективно) бесшовные плоскосворачиваемые трубопроводы, обладающие повышенной прочностью. Они состоят из бесшовного тканевого каркаса (цилиндрическая оболочка), на внешнюю и внутреннюю поверхность которого наносятся покрытия из полимерных материалов. Однако до сих пор бесшовные трубопроводы изготавливались небольшими опытными партиями, не организовано их серийное производство. Недостаточно исследованы их физико-механические и эксплуатационные характеристики.

Целью и задачами работы являются:

– совершенствование поверхностного способа полива с помощью новых конструкций гибких плоскосворачиваемых трубопроводов, обладающих повышенной прочностью и обеспечиваю-

щих эффективность распределения воды по полю;

– получение экспериментальных физико-механических и эксплуатационных характеристик трубопроводов¹.

Материалы и методы

Согласно предъявляемым техническим требованиям и условиям эксплуатации, были проведены различные физико-механические испытания тканевых каркасов, полимерных плёночных покрытий, наносимых на каркас, и трубопроводов с этими герметизирующими и защитными покрытиями.

Массы 1 м^2 , плотности нитей по основе и утку, прочностные и деформационные характеристики тканевых каркасов и гибких трубопроводов при кратковременном нагружении материалов определены по стандартным методикам на полосках тканей и трубопроводов по основе и утку размером 50×200 мм на испытательной машине FM 1000².

Образцы закреплялись в верхнем и нижнем зажимах прибора, затем начинали растягиваться с постоянной скоростью. При этом фиксировались растягивающие усилия и соответствующие им деформации, что дало возможность построить диаграммы нагрузка – относи-

¹ Новиков С.Г. Разработка гибких мелиоративных трубопроводов из полимерных материалов для поверхностного полива: дис...канд. техн. наук: 06.01.02. Курск, 1992. 286 с.

² ГОСТ 3810-72 и др. Ткани и штучные изделия текстильные. Методы испытаний: сборник. М.: Изд-во стандартов, 1982. 22с. Содерж.: ГОСТ 3810-72-ГОСТ 3813-72.

тельная деформация и проанализировать полученные результаты. Определены средние арифметические величины после испытания не менее трёх образцов.

На основании теоретических прочностных исследований были подобраны армирующие ткани гибких трубопроводов [1-3].

Для изготовления бесшовного каркаса (поставлен ГСКБ по ирригации г. Ташкент) применялась ткань с основой и утком из капроновых нитей № 34,5/2 в два конца, переплетение нитей полотняное.

Армирующим материалом усиленных шовных трубопроводов являлась ткань ТК-100.

При изготовлении бесшовных поливных трубопроводов использовались каркасы как непропитанные, так и пропитанные специальными латексно-резорцинформальдегидными составами на основе латекса ДМВП-10Х.

Предварительная пропитка осуществлялась с целью исследования адгезионных свойств герметизирующего покрытия к капроновому каркасу. Для улучшения адгезии была пропитана этими же составами и ткань ТК-100. Проведены исследования влияния предварительной пропитки на упругопрочностные характеристики тканей каркасов гибких трубопроводов.

Физико-механическим испытаниям подвергались усиленный шовный и бесшовные трубопроводы с полимерными покрытиями следующих видов:

– одностороннее эмульсионное покрытие на основе водных полиуретанов;

– одностороннее покрытие на основе органических полиуретанов;

– одностороннее латексное покрытие;

– двустороннее латексное покрытие и внешнее защитное из полиуретанового лака;

– двустороннее латексное покрытие и внешнее защитное на основе водных полиуретанов (каркас предварительно пропитан латексно-формальдегидными составами).

Герметизирующие покрытия были нанесены различными способами по специально разработанным технологиям на бесшовный капроновый каркас.

Ткань ТК—100 усиленного шовного трубопровода обрешинена с двух сторон [4-6].

Эксперименты по получению различных физико-механических характеристик полимерных покрытий каркасов проводились по стандартным методикам на поверенных приборах¹ [7].

Эксперименты по исследованию износостойкости латексного покрытия проводились по разработанной нами методике на специальном стенде (рис.1). Стенд состоял из кронштейна 1, на котором был укреплен электродвигатель 2. К валу электродвигателя крепился диск 3,

¹ ГОСТ 8978-75. Кожа искусственная и плёночные материалы. Методы определения устойчивости к многократному изгибу. М.: Изд-во стандартов, 1975. 8 с.; ГОСТ 8977-74. Кожа искусственная и плёночные материалы. Методы определения жёсткости и упругости. М.: Изд-во стандартов, 1985. 9 с.

который покрывался слоем латексной плёнки 4 (к диску 3 может наклеиваться и материал трубопровода).

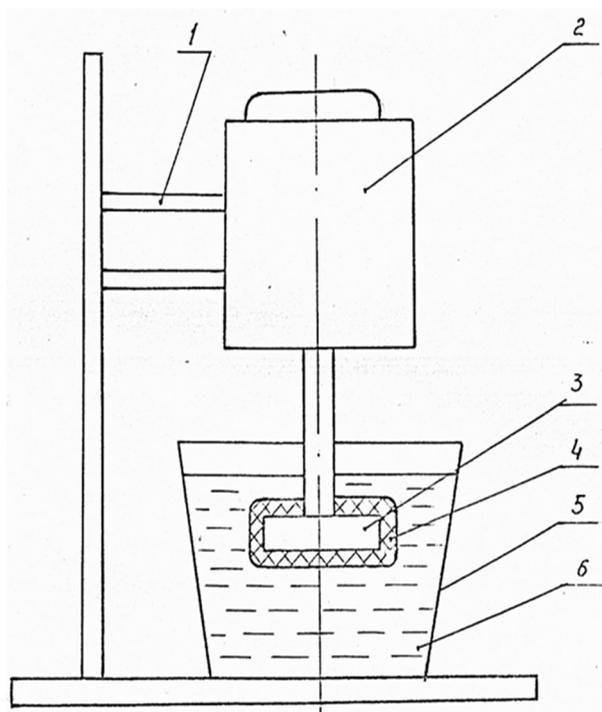


Рис. 1. Стенд для исследования износоустойчивости латексной пленки; 1 – кронштейн; 2 – электрический двигатель; 3 – стальной диск; 4 – латексная пленка; 5 – сосуд; 6 – абразивная среда

Fig. 1. Stand for the study of the wear resistance of latex film: 1 – bracket; 2 – electric motor; 3 – steel disc; 4 – latex film; 5 – vessel; 6 – abrasive medium

Испытуемый образец 4 помещался в сосуд 5, наполненный модельной абразивной средой. Испытуемый образец имел диаметр 189,7 мм. Модельная абразивная среда содержала воду с добавлением 1% дизельного топлива, серную кислоту или щёлочь, неокатанный песок. Размеры частиц песка составляли 1–2,5 мм и 5% по объёму. Через каждые 10 часов пульпу заменяли, чтобы исключить влияние окатывания песка.

Интенсивность износа оценивалась величиной, характеризующей в наших опытах скорость износа

$$J = \frac{\Delta M}{St\rho'}$$

где J – скорость износа, м/с;

S – площадь контакта образца и модельной абразивной среды, м²;

ρ – плотность латексной плёнки, кг/м³;

t – время износа, с.

В опытах износ образца проводился в течение 100 часов.

Особенностью экспериментальной установки является то, что абразивный износ изучается при круговом движении испытуемых образцов под слоем воды со взвешенными частицами песка, находящимися в сосуде небольшого размера. Вследствие чего отпадает необходимость в создании циркуляционного тракта с насосом, трубопроводами, баками, бункерами и другими громоздкими устройствами.

Скорость вращения диска выбрана с учётом предупреждения вращения испытуемых образцов и смеси с одной и той же угловой скоростью или очень беспорядочного состояния смеси во всём объёме сосуда. Скорость вращения диска такова, что относительная скорость латексной плёнки и абразивной среды соответствует средним скоростям движения воды в трубопроводах при их эксплуатации¹.

¹ ГОСТ 270-75 (СТ СЭВ 2594-80). Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении. М.: Изд-во стандартов, 1982. 7 с.

Результаты и их обсуждение

Диаграммы усилие-деформация тканевых каркасов представлены на рис. 2-5.

Анализ показал, что пропитка незначительно улучшает упругопрочностные характеристики ткани по основе и существенно снижает их по утку. Это объясняется тем, что при осуществлении процесса пропитки происходит вытяжка ткани по основе и усадка её по утку. Увеличение длины пропитанной ткани происходит из-за того, что вытяжка идёт в основном за счет остаточного удлинения ткани; заполнение же ткани латексно-резорцинформальдегидной смесью механически препятствует возврату упругих растяжений [8].

Пропитка увеличивает массу каркасов и их жёсткость.

При изготовлении трубопроводов следует, анализируя их деформационно-прочностные характеристики и прочность связи герметизирующего покрытия с тканевым каркасом, по возможности, избегать предварительную пропитку ткани каркаса или же предусматривать вопрос уменьшения усадки материала. Это достигается, например, термообработкой каркаса горячим воздухом под натяжением или замочкой в горячей воде с последующим отжимом. Термообработка под натяжением каркасов перед пропиткой позволит стабилизировать размеры трубопроводов в процессе их изготовления и при дальнейшей эксплуатации [9].

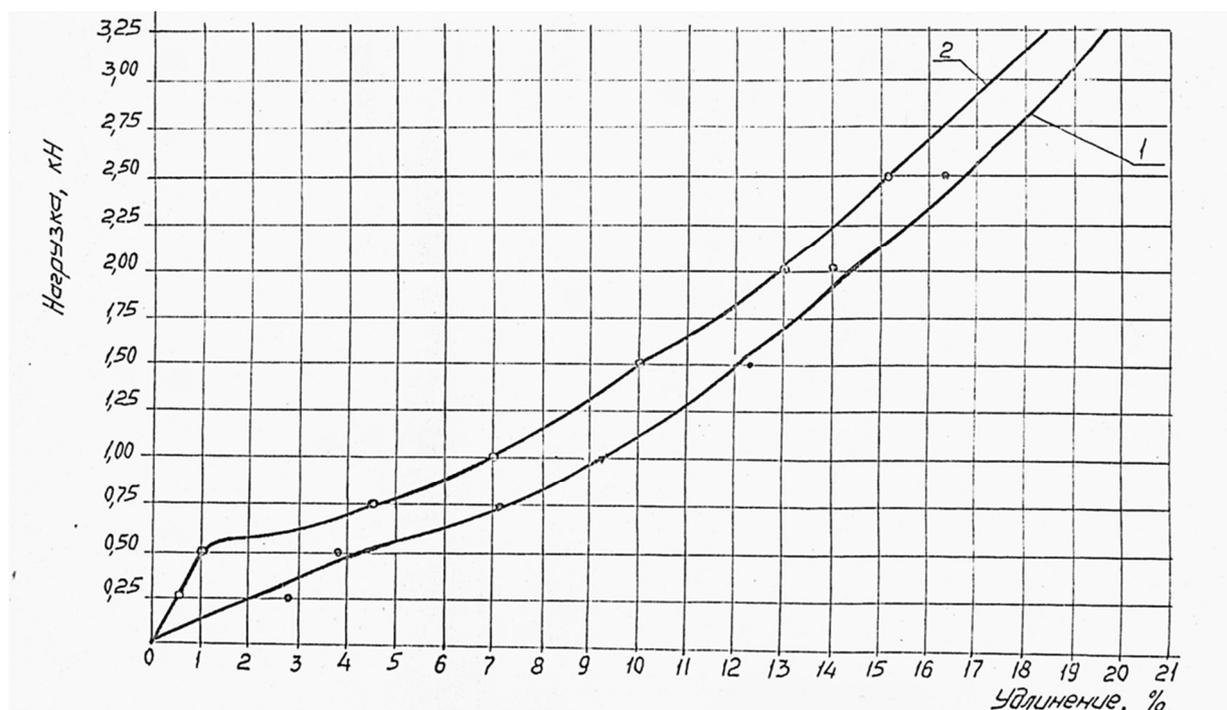


Рис. 2. Прочностные характеристики ткани бесшовного каркаса по основе (полоска 50×200 мм):
1 – суровьё; 2 – пропитанная ткань

Fig. 2. Strength characteristics of seamless carcass fabric base (strip 50 × 200 mm): 1 – severity;
2 – impregnated fabric

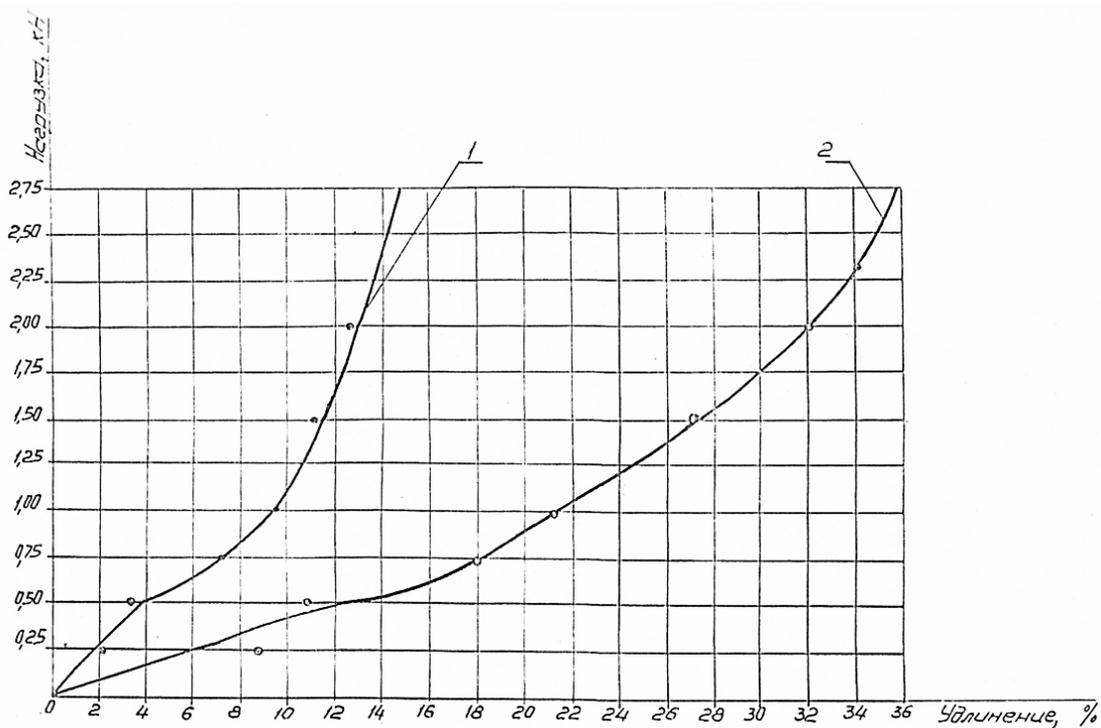


Рис. 3. Прочностные характеристики ткани бесшовного каркаса по утку (полоска 50×200 мм):
1 – суровьё; 2 – пропитанная ткань

Fig. 3. Strength characteristics of the fabric of the seamless weft frame (strip 50 × 200 mm):
1 – severity; 2 – impregnated fabric

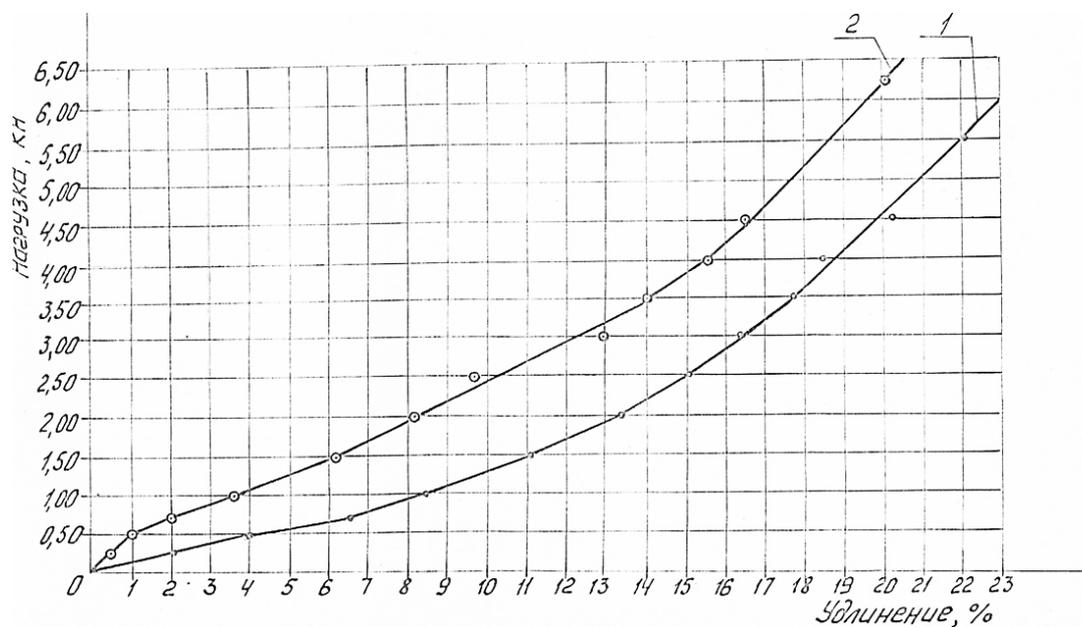


Рис. 4. Прочностные характеристики ткани ТК-100 по основе (полоска 50×200 мм):
1 – суровьё; 2 – пропитанная ткань

Fig. 4. Strength characteristics of TK-100 fabric on the basis (strip 50×200 mm):
1 – severity; 2 – impregnated fabric

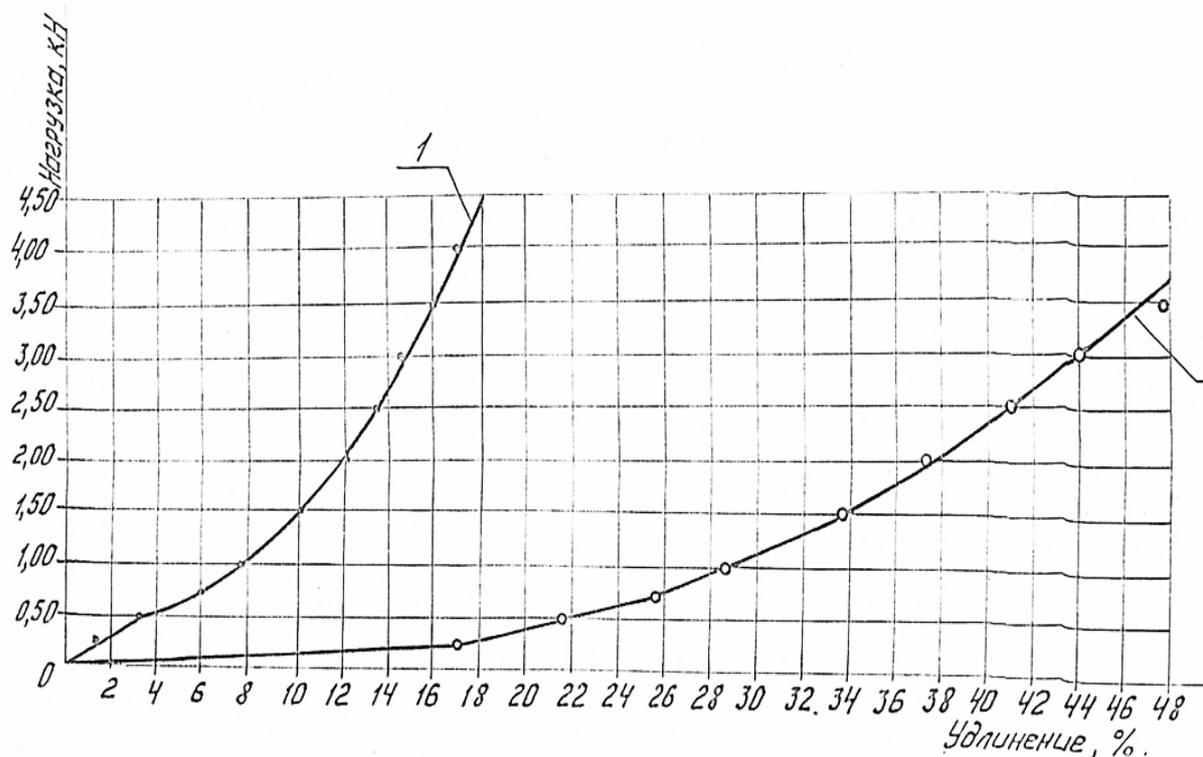


Рис. 5. Прочностные характеристики ткани ТК-100 по утку (полоска 50×200 мм):

1 – суровьё; 2 – пропитанная ткань

Fig. 5. Strength characteristics of TK-100 fabric on weft (strip 50 × 200 mm):

1 – severity; 2 – impregnated fabric

Прочностные характеристики по утку существующей мелиоративной ткани для изготовления серийных шовных трубопроводов значительно ниже характеристик тканей, которые были использованы для изготовления каркасов, рассчитанных на избыточное давление до 0,1МПа. Упомянутая мелиоративная ткань не может быть применена для производства гибких бесшовных трубопроводов к поливной машине ППА-165УМ.

При выборе ткани для изготовления бесшовных каркасов плосковорачиваемых трубопроводов предпочтение должно отдаваться более лёгким и равнопрочным тканям по основе и утку.

Для изготовления бесшовных каркасов рекомендуется применять ткань, разработанную ГСКБ по ирригации.

Упругопрочностные зависимости приведены на рис. 6 и рис. 7.

Анализ экспериментальных данных подтверждает, что деформации трубопроводов по основе и утку значительны. Кривые растяжения при сравнительно небольших усилиях отклоняются от прямой линии закона Гука, зависимость между усилиями и деформациями за пределами пропорциональности носит уже нелинейный характер. Закон Гука для этих тканей даже при малых усилиях следует заменять нелинейным законом упругости.

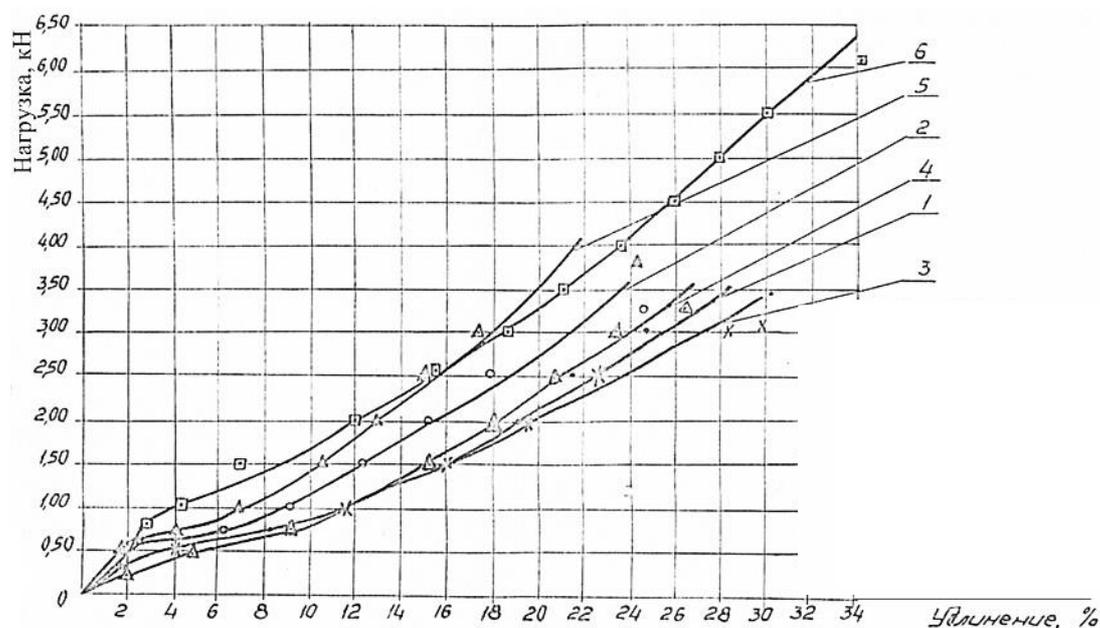


Рис. 6. Прочностные характеристики трубопроводов по основе (полоска 50×200 мм):
1 – трубопровод с односторонним эмульсионным покрытием; **2** – трубопровод с односторонним покрытием на основе органических полиуретанов; **3** – трубопровод с односторонним латексным покрытием; **4** – трубопровод с двусторонним латексным покрытием и внешним защитным из полиуретанового лака; **5** – трубопровод с двусторонним латексным покрытием и внешним защитным на основе водных полиуретанов; **6** – трубопровод усиленный шовный

Fig. 6. Strength characteristics of the pipeline on the basis (strip 50 × 200 mm):
1 – pipeline with one-sided emulsion coating based on aqueous polyurethanes;
2 – pipeline with one-sided coating based on organic polyurethanes; **3** – pipeline with double-sided latex coating; **4** – pipeline with double-sided latex coating and external protective polyurethane varnish; **5** – pipeline with double-sided latex coating and external protective and external protective on the basis of aqueous polyurethanes;
6 – reinforced suture pipeline

При определении прочностных характеристик трубопроводов обязательно следует учитывать растяжимость их материалов. Кроме того, материалы герметизирующих покрытий и технология их нанесения на тканевый каркас существенно влияют на зависимости нагрузка-деформация трубопроводов. Это необходимо иметь в виду при их проектировании и изготовлении. Образцы всех видов трубопроводов были доведены до разрыва. Разрыв образцов происходил по утку при избыточном давлении

0,10-0,135 МПа, что подтвердило правильность выбора материалов армирующих каркасов. В случае эксплуатации трубопроводов под большим избыточным давлением следует увеличивать прочность уточных нитей каркасов¹ [10-13].

Экспериментальные данные по износоустойчивости латексной плёнки даны в табл. 1.

¹ ГОСТ 270-75 (СТ СЭВ 2594-80). Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении. М.: Изд-во стандартов, 1982. 7 с.

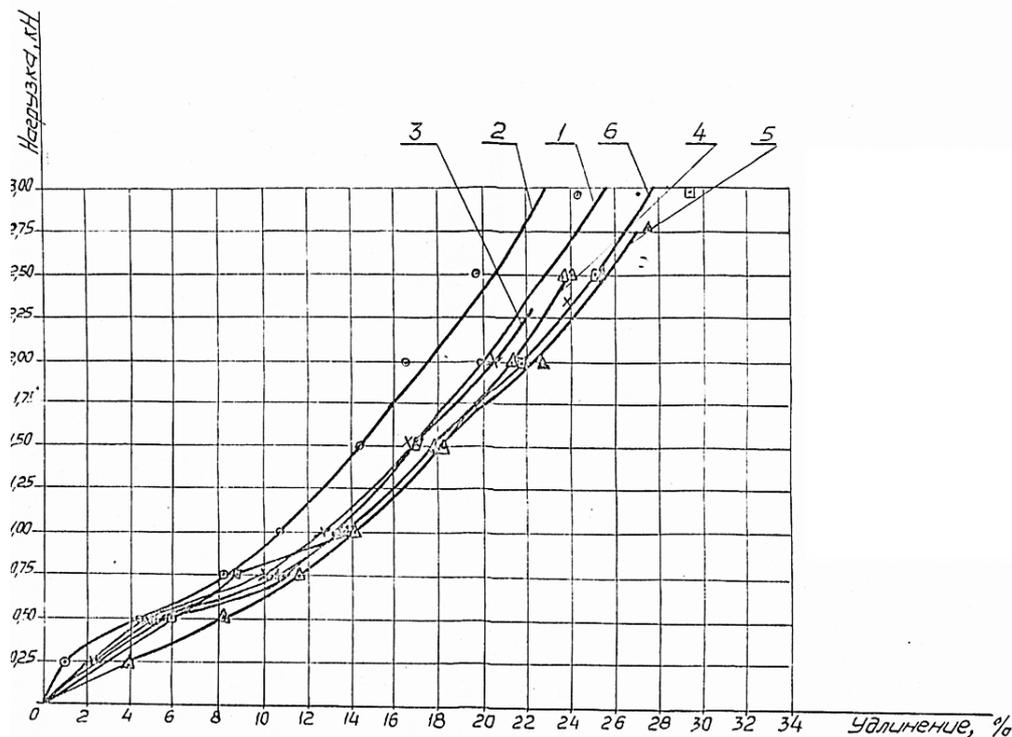


Рис. 7. Прочностные характеристики трубопроводов по утку (полоска 50×200 мм):

1 – трубопровод с односторонним эмульсионным покрытием; 2 – трубопровод с односторонним покрытием на основе органических полиуретанов; 3 – трубопровод с односторонним латексным покрытием; 4 – трубопровод с двусторонним латексным покрытием и внешним защитным из полиуретанового лака; 5 – трубопровод с двусторонним латексным покрытием и внешним защитным на основе водных полиуретанов; 6 – трубопровод усиленный шовный

Fig. 7. Strength characteristics of the pipeline on the weft (strip 50 × 200 mm): 1 – pipeline with one-sided emulsion coating based on aqueous polyurethanes; 2 – pipeline with one-sided coating based on organic polyurethanes; 3 – pipeline with double-sided latex coating; 4 – pipeline with double-sided latex coating and external protective polyurethane varnish; 5 – pipeline with double-sided latex coating and external protective and external protective on the basis of aqueous polyurethanes; 6 – reinforced suture pipeline

Средняя скорость износа

$$\bar{J} = 0,045 \cdot 10^{-8} \text{ м/с.}$$

Среднеквадратичное отклонение

$$G = \sqrt{\frac{\sum_1^N (\bar{J} - J)^2}{N-1}} = 0,001 \cdot 10^{-8} \text{ м/с.}$$

Коэффициент вариации

$$\delta = \frac{G}{\bar{J}} \cdot 100\% = \frac{0,001 \cdot 10^{-8}}{0,045 \cdot 10^{-8}} \cdot 100\% = 16\%.$$

В результате обработки экспериментальных данных получим, что скорость

износа составляет $(0,045 \pm 0,007) \cdot 10^{-8}$ м/с с надёжностью 84% [14].

Проведенные исследования на износоустойчивость герметизирующего латексного покрытия толщиной 0,2-0,4 мм позволили определить совокупные воздействия факторов, действующих на трубопровод в период его работы. Латексная плёнка обеспечивает герметичность трубопровода от эрозии в течение всего ресурса работоспособности [15].

Таблица 1. Результаты износоустойчивости латексной пленки**Table 1.** Latex Film Wear Resistance Results

Масса диска вместе с латексной пленой, 10^{-3} кг / The mass of the disc together with the latex film, 10^{-3} kg	Изменение массы образца, 10^{-3} кг / Change in sample mass, 10^{-3} kg	Время износа 10^3 с / Wear time 10^3 s	Накопленное изменение массы, 10^{-3} кг / Cumulative mass change, 10^{-3} kg	Накопленная сумма времени, 10^3 с / Accumulated amount of time, 10^3 s	Скорость износа, 10^{-8} м/с / Wear rate, 10^{-8} m / s
13,218	0	0	0	0	0
13,171	0,047	36	0,047	36	0,046
13,125	0,046	36	0,093	72	0,045
13,078	0,047	36	0,140	108	0,046
13,032	0,046	36	0,186	144	0,045
12,992	0,040	36	0,226	180	0,039
12,944	0,048	36	0,274	216	0,047
12,897	0,047	36	0,381	252	0,046
12,850	0,048	36	0,429	288	0,047
12,803	0,047	36	0,476	324	0,046
12,695	0,046	36	0,523	360	0,045

По результатам всех испытаний следует, что латексное покрытие, герметизирующее каркас, удовлетворяет предъявляемым агротребованиям [16-20].

Выводы

Плоскосворачиваемые трубопроводы всех видов, изготовленные по разработанным технологиям, соответствуют требуемым характеристикам видов.

В большей степени по агротехническим требованиям удовлетворяет трубопровод с двусторонним латексным покрытием.

Анализ результатов экспериментов подтверждает, что кривые растяжения

трубопроводов при сравнительно небольших усилиях отклоняются от прямой линии и за пределами пропорциональности носят нелинейный характер. При определении прочностных характеристик трубопроводов обязательно следует учитывать растяжимость материалов, т.к. их деформации по основе и утку значительны.

Прочностные зависимости нагрузка-деформация трубопроводов определены следующими факторами: предварительной пропиткой армирующих каркасов; материалами полимерных покрытий и технологиями их нанесения на тканевый каркас.

Список литературы

1. Расчет гибких эластичных трубопроводов из полимерных материалов / С. Г. Новиков, Р. В. Глаголев, С. А. Зайцев, Е. С. Журавлева // Современная наука: проблемы, инновации, решения: матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Курск, 19-20 декабря 2014г.) / отв. за вып. Р. В. Глаголев; Курский институт социального образования (филиал) РГСУ. Курск: ООО «Учитель», 2014. С. 40–49.
2. Расчет эластичных оболочек из полимерных материалов / С.Г. Новиков, Р.В. Глаголев, В.В. Малыхин, С.А. Сергеев // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2014. №1. С.78-85.
3. Новиков С.Г., Куценко В.Н., Малыхин В.В. Инженерные методы расчетов гибких плосковорачиваемых трубопроводов из композиционных материалов с учетом их веса // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2017. Т. 7, №3(24). С.139-146.
4. Новиков С.Г., Ляхов В.И. Установка для изготовления гибких бесшовных оболочек из композитных материалов // Провинциальные научные записки. 2019. № 2(10). С. 58-60.
5. Пат. 2376141 РФ, МПК В29D 23/00. Способ изготовления напорных резиноканевых рукавов//С.Г. Новиков, А.Е.Чижов, Е.А. Чижов. (РФ). №2008 121103/12; Заявл. 26.05.2008; Оpubл. 20.12.2009, Бюл. №35.
6. Новиков С.Г., Малыхин В.В. Перспективы применения гибких плосковорачиваемых трубопроводов из композиционных материалов // Провинциальные научные записки. 2020. № 1(11). С.61-65.
7. Лепетов В.А. Резиновые технические изделия. М.-Л.:Химия, 1965. 472 с.
8. Новиков С.Г. Промышленная безопасность гибких трубопроводов из композиционных материалов. Курск, 2012. 160 с.
9. Разработка гибких высоконапорных шлангов для МГД - генераторов и пожарных рукавов из новых видов сырья с целью повышения их эксплуатационных свойств: Отчет о НИР/ЦНИИЛВ; Рук. В.И.Ходырев. РГ 61024776; инв. №0265.0047789. М, 1994. 62с.
10. Разработка конструкций гибких трубопроводов из композитных материалов нового поколения / С.Г. Новиков, Р.В. Глаголев, С.А. Зайцев [и др.]. Курск: ООО «Учитель», 2014. 96 с.
11. Пат. 2019089 РФ, МПК А01G 25/02. Поливной трубопровод // С.Г. Новиков, В. А. Волосухин (РФ). №4897070/15; Заявл. 23.10.1990; Оpubл. 15.09.1994, Бюл. №17.
12. Пат. 2326526 РФ, МПК А01G 25/02. Поливной трубопровод // С.Г. Новиков, В.А. Волосухин, С.С. Новиков и др. (РФ). №2006107798/12; Заявл. 13.03.2006; Оpubл. 20.06.2008, Бюл. №17.

13. Повышение надежности поливных плоскостворачиваемых трубопроводов / С.Г. Новиков, В.В. Малыгин [и др.] // *Материалы и упрочняющие технологии-2011: сб. материалов XVIII Рос. науч.-техн. конф. с международным участием / редкол.: В.Н. Гадалов [и др.]; Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2011. С.82-87.*

14. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1988. 239 с.

15. Новиков С.Г., Должиков А.А. Классификация материалов для применения в изготовлении гибких оболочек // *Провинциальные научные записки. 2019. № 1(9). С.110-113.*

16. Новиков С. Г., Кагиров А.Н., Транспортирующий гибкий трубопровод повышенной прочности // *Молодежь и наука XXI века: сборник материалов XVII Всероссийской научно-технической конференции (14-15 апреля 2010 г.) / под ред. Н.Н. Шкодкиной, О.Л. Жигалевой. Железногорск, 2010. С.171-172.*

17. Вопросы эксплуатации гибких трубопроводов при поливе / С.Г. Новиков, Р.В. Глаголев, И.Ю. Воронцов, В.А. Адам // *Молодежь и наука XXI века: сборник материалов XXII Всероссийской научно-технической конференции 22-23 апреля 2015 г.) / под ред. О.Л. Жигалевой, Н.Н. Шкодкиной. Курск, 2015. С.165-166.*

18. Материалы армирующих тканевых каркасов в гибких трубопроводах / С.Г. Новиков, Р.В. Глаголев, Е.В. Буланова, А.В. Ефанова // *Молодежь и наука XXI века: сборник материалов XXII Всероссийской научно-технической конференции (22-23 апреля 2015 г.) / под ред. О.Л. Жигалевой, Н.Н. Шкодкиной. Курск, 2015. С.174-175.*

19. Новиков С.Г., Глаголев Р.В. Обзор прочностных и гидравлических исследований гибких трубопроводов // *Молодежь и наука XXI века: сборник материалов XXII Всероссийской научно-технической конференции (22-23 апреля 2015 г.) / под ред. О.Л. Жигалевой, Н.Н. Шкодкиной. Курск, 2015. С.190-192.*

20. Новиков С.Г., Глаголев Р.В., Мальцева А.С. Выбор материалов, разработка конструкций и технологий изготовления гибких оболочек // *Молодежь и наука XXI века: сборник материалов XXIII Всероссийской научно-технической конференции (20-21 апреля 2016 г.) / под ред. О.Л. Жигалевой, Н.Н. Шкодкиной. Курск, 2016. С. 233-237.*

References

1. Novikov S.G., Glagolev R.V., Zaitsev S.A., Zhuravleva E.S. [Calculation of flexible elastic pipelines made of polymeric materials]. *Sovremennaya nauka: problemy, innovatsii, resheniya. Mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Modern science: problems, innovations, solutions. Mater. Int. scientific-practical conf.]. Kursk, 2014, pp. 40–49 (In Russ.).

2. Novikov S.G., Glagolev R.V., Malykhin V.V., Sergeev S.A. Raschet elastichnykh obolochek iz polimernykh materialo [Calculation of elastic shells from polymeric materials].

Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii = Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technologies, 2014, no.1, pp.78-85 (In Russ.).

3. Novikov S.G., Kutsenko V.N., Malykhin V.V. Inzhenernye metody raschetov gibkikh ploskosvorachivaemykh truboprovodov iz kompozitsionnykh materialov s uchetom ikh vesa [Engineering methods for calculating flexible flat-rolled pipelines made of composite materials taking into account their weight]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii = Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technologies*, 2017, vol. 7, no. 3 (24), pp.139-146 (In Russ.).

4. Novikov S.G., Lyakhov V.I. Ustanovka dlya izgotovleniya gibkikh besshovnykh obolochek iz kompozitnykh materialov [Installation for the manufacture of flexible seamless shells from composite materials]. *Provintsial'nye nauchnye zapiski = Provincial Scientific Notes*, 2019, no. 2 (10), pp. 58-60 (In Russ.).

5. Novikov S.G., Chizhov A.E., Chizhov E.A. *Sposob izgotovleniya napornykh rezinotkanevykh rukavov* [Method of manufacturing pressure head rubber-fabric hoses]. Patent RF, no. 121103/12, 2008 (In Russ.).

6. Novikov S.G., Malykhin V.V. Perspektivy primeneniya gibkikh ploskosvorachivaemykh truboprovodov iz kompozitsionnykh materialov [Prospects for the use of flexible flat-rolled pipelines made of composite materials]. *Provintsial'nye nauchnye zapiski = Provincial Scientific Notes*, 2020, no. 1 (11), pp.61-65 (In Russ.).

7. Lepetov V.A. *Rezinovye tekhnicheskie izdeliya* [Rubber technical products]. Moscow-Leningrad, Chemistry Publ., 1965. 472 p. (In Russ.).

8. Novikov S.G. *Promyshlennaya bezopasnost' gibkikh truboprovodov iz kompozitsionnykh materialov* [Industrial safety of flexible pipelines made of composite materials]. Kursk, 2012. 160 p. (In Russ.).

9. *Razrabotka gibkikh vysokonapornykh shlangov dlya MGD - generatorov i pozharnykh rukavov iz novykh vidov syr'ya s tsel'yu povysheniya ikh ekspluatatsionnykh svoistv. Otchet o NIR/TsNIILV* [Development of flexible high-pressure hoses for MHD - generators and fire hoses from new types of raw materials in order to improve their operational properties. Report on R&D / TsNIILV];. RG 61024776; inv. No. 0265.0047789. Moscow, 1994, 62 p. (In Russ.).

10. Novikov S.G., Glagolev R.V., Zaitsev S.A. *Razrabotka konstruksii gibkikh truboprovodov iz kompozitnykh materialov novogo pokoleniya* [Development of constructions of flexible pipelines from composite materials of new generation]. Kursk, 2019. 96 p. (In Russ.).

11. Novikov S.G., Volosukhin V. A. *Polivnoi truboprovod* [Irrigation pipeline]. Patent RF, no. 4897070/15, 1994 (In Russ.).

12. Novikov S.G., Volosukhin V.A., Novikov S.S. [et al.]. *Polivnoi truboprovod* [Irrigation pipeline]. Patent RF, no. 2006107798/12, 2006 (In Russ.).

13. Novikov S.G., Malykhin V.V. [Improving the reliability of irrigated flat-welded pipelines]. *Materialy i uprochnyayushchie tekhnologii-2011. Sb. materialov XVIII Ros. nauch.-tekhn. konf. s mezhdunarodnym uchastiem*. [Materials and strengthening technologies-2011. Collection of articles. materials XVIII Ros. scientific and technical conf. with international participation]. Kursk, 2011, pp.82-87 (In Russ.).

14. Lvovskiy E.N. *Statisticheskie metody postroeniya empiricheskikh formul* [Statistical methods for constructing empirical formulas]. Moscow, Vysh. shk. Publ., 1988. 239 p. (In Russ.).

15. Novikov S.G., Dolzhikov A.A. Klassifikatsiya materialov dlya primeneniya v izgotovlenii gibkikh obolochek [Classification of materials for use in the manufacture of flexible shells]. *Provintsial'nye nauchnye zapiski = Provincial Scientific Notes*, 2019, no. 1 (9), pp. 110-113(In Russ.).

16. Novikov S. G., Kagiroy A.N. [Transporting flexible pipeline of increased strength]. *Molodezh' i nauka XXI veka. Sbornik materialov XVII Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Youth and science of the XXI century. Collection of materials of the XVII All-Russian scientific and technical conference]. Zheleznogorsk, 2010, pp.171-172 (In Russ.).

17. Novikov S.G., Glagolev R.V., Vorontsov I.Yu., Adam V.A. [Issues of operating flexible pipelines during irrigation]. *Molodezh' i nauka XXI veka. Sbornik materialov XXII Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Youth and Science of the XXI Century. Collection of Materials of the XXII All-Russian Scientific and Technical Conference]. Kursk, 2015, pp.165-166 (In Russ.).

18. Novikov S.G., Glagolev R.V., Bulanova E.V., Efanova A.V. [Materials of reinforcing fabric frames in flexible pipelines]. *Molodezh' i nauka XXI veka. Sbornik materialov XXII Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Youth and Science of the XXI Century. Collection of Materials of the XXII All-Russian Scientific and Technical Conference]. Kursk, 2015, p. 174-175 (In Russ.).

19. Novikov S.G., Glagolev R.V. [Review of strength and hydraulic studies of flexible pipelines]. *Molodezh' i nauka XXI veka. Sbornik materialov XXII Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Youth and Science of the XXI Century. Collection of Materials of the XXII All-Russian Scientific and Technical Conference]. Kursk, 2015, pp.190-192 (In Russ.).

20. Novikov S.G., Glagolev R.V., Maltseva A.S. [The choice of materials, the development of structures and technologies for the manufacture of flexible shells]. *Molodezh' i nauka XXI veka. Sbornik materialov XXIII Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* = [Youth and Science of the XXI Century. Collection of Materials of the XXIII All-Russian Scientific and Technical Conference]. Kursk, 2016, pp.233-237 (In Russ.).

Информация об авторах / Information about the Authors

Новиков Сергей Георгиевич, кандидат технических наук, доцент, Региональный открытый социальный институт, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: novikov.s.46@mail.ru

Sergej G. Novikov, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Regional Open Social Institute, Kursk, Russian Federation, e-mail: novikov.s.46@mail.ru

Малыхин Виталий Викторович, кандидат технических наук, доцент, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: malykhin1946@mail.ru

Vitalij V. Malykhin, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: malykhin1946@mail.ru

Будылина Марина Дмитриевна, магистрант, Курский государственный университет, e-mail: marina563767@yandex.ru

Marina D. Budylina, Master Student, Kursk State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: marina563767@yandex.ru