

государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019. – С. 92-97. – EDN KHSKVY.

4. Бурак, П. И. Оборудование, металлические порошки и аморфные ленточные припои, используемые в промышленности / П. И. Бурак, А. В. Серов, Н. В. Серов // Сборник научных трудов молодых ученых, магистрантов и студентов / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина"; под ред. В. Т. Водяникова, В. В. Стрельцова. – Москва: Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина, 2010. – С. 184-187. – EDN YNAUXP.

5. Критерий возможности использования компактных материалов для получения функциональных покрытий электроконтактной приваркой на цилиндрические поверхности / А. В. Серов, П. И. Бурак, Р. А. Латыпов, Н. В. Серов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2018. – № 1(83). – С. 52-58. – DOI 10.26897/1728-7936-2018-1-52-58. – EDN YPMTTC.

6. Методика назначения оптимальных режимов электроконтактной приварки / А. В. Серов, Н. В. Серов, П. И. Бурак, В. М. Соколова // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2019. – № 6(94). – С. 35-39. – DOI 10.34677/1728-7936-2019-6-35-39. – EDN ZBWHAZ.

7. Патент № 2605259 С2 Российская Федерация, МПК В23Р 6/00, А01В 15/04. Способ восстановления и упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин: № 2015113931/02: заявл. 15.04.2015: опубл. 20.12.2016 / Н. В. Серов, А. В. Серов, П. И. Бурак; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева" (ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева). – EDN WOUERV.

УДК 62-278

**СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ДИАФРГАМ МЕМБРАННО-ПОРШНЕВОГО НАСОСА, ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПОЛИУРЕТАНОВОГО КОМПАУНДА**

*Свиридов Алексей Сергеевич, младший научный сотрудник лаборатории №12.3 ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», sviridov.vim@ya.ru*

**Аннотация:** Приведены стендовые испытания изделий, изготовленных из дисперсно-упрочненных композиционных материалов. В качестве матрицы такого типа материалов служит полиуретановый компаунд, в качестве армирующего наполнителя выступает базальтовое волокно. В ходе исследований к изделиям была приложена сложно-деформируемая нагрузка за счет использования разработанной оригинальной остратки.

**Ключевые слова:** наработка изделий, дисперсно-упрочненный композиционный материал, полиуретановый компаунд, сложно-деформированное состояние.

Для проверки работоспособности композиционных материалов, предназначенных для изготовления диафрагм мембранно-поршневых насосов, являются испытания диафрагм в условиях, близких к реальным условиям эксплуатации [1]-[4]. Такие испытания по месту и условиям выполнения можно разделить на следующие виды:

- стендовые испытания – осуществляют на специальном испытательном стенде, который обеспечивает стабильное воздействие на объект тех или иных факторов (нагрузки, температуры, механического воздействия, влажности и т. д.). Испытываться могут как целые механизмы, так и их отдельные узлы, и системы;

- натурные испытания – испытания объекта в условиях, соответствующих условиям его использования по прямому назначению с непосредственным оцениванием или контролем определяемых характеристик и свойств объекта;

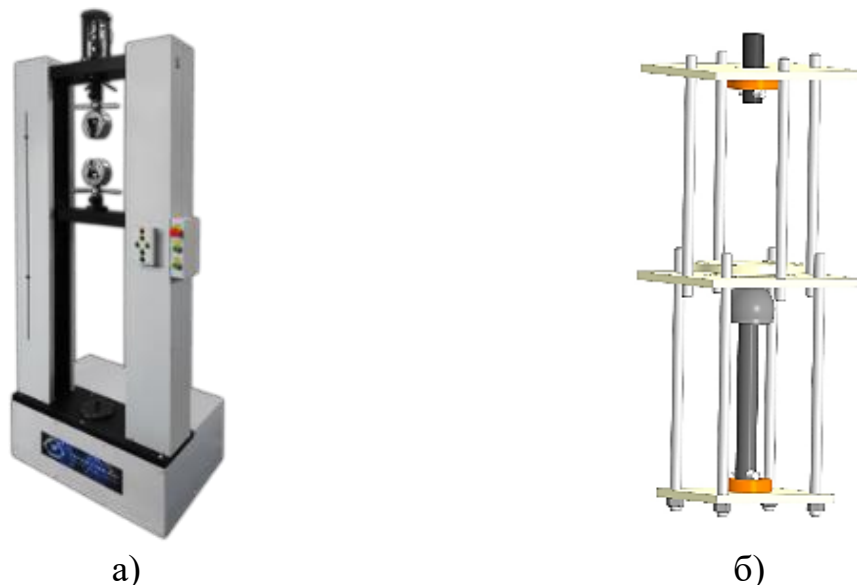
- эксплуатационные испытания – проводятся после ввода объекта в эксплуатацию (опытную или подконтрольную) с целью установить, как он будет вести себя в условиях реального использования.

В рамках данной работы для диафрагм мембранно-поршневых насосов проведены стендовые испытания.

К методике данных испытаний предъявляются следующие требования: 1) условия испытаний изделий должны отражать реальные условия нагружения и обеспечивать высокую точность и достоверность получаемых результатов; 2) на одном типе образца готового изделия можно определять не только деформационные, но и предельные характеристики материала; 3) испытания можно проводить на существующем оборудовании с применением адаптированных приставок и необходимой оснастки.

Анализ работы диафрагм показал, что деформации, развивающиеся в них при работе в насосе в течение циклов растяжения-сжатия, имеют сложный характер: нагрузка в данном процессе изменяется от центра к периферии диафрагмы. Одним из методов воспроизведения напряженно-деформированного состояния, близкого к реально возникающему в диафрагме в процессе работы, является продавливание диафрагм сферическим индентором [5]-[7]. В этом случае в качестве источника

приложения регулируемой нагрузки может выступать универсальная разрывная машина И1147М-50-01-1 (оборудование лаборатории №12.3 ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, рисунок 1а). Для этого машину необходимо дополнить специальной оснасткой. Трехмерная модель спроектированной оснастки представлена на рисунке 1б.



**Рис. 1 – Разрывная машина И1147М-50-01-1 (а) и трехмерная модель разработанной оснастки для исследований поведения диафрагм в сложнапряженном состоянии (б)**

В процессе испытаний на разрывной машине с применением разработанной оснастки для диафрагм фиксировалось значение нагрузки, при которой диафрагма разрушается. Стендовым испытаниям согласно изложенной методике подвергались диафрагмы, изготовленные из чистого полиуретана, а также композиции, содержащие 1, 2 и 3 об. % базальтового волокна. Состав композиций, который продемонстрирует более высокие прочностные характеристики в процессе испытаний, будет выбран для дальнейших натурных испытаний. Результаты, полученные в процессе исследования сложнапряженной деформации диафрагм представлены в таблице 1. На рисунке 2 представлены диафрагмы после разрушения.

*Таблица 1*

Параметр	Без наполнителя	Содержание базальтового волокна, об. %		
		1 %	2 %	3 %
Предел прочности при разрыве, МПа	42,3	46,9	46,5	38,7
Относительное удлинение, %	126	148	142	112



а)



б)



в)



г)

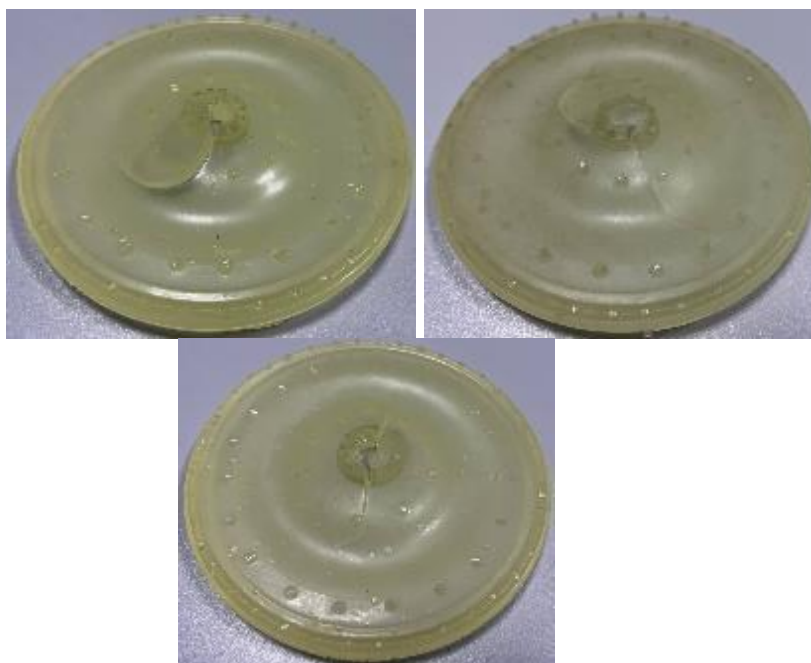
а – чистый полиуретан (без наполнителя); б – полиуретан + 1 % базальтового волокна; в – полиуретан + 2 %

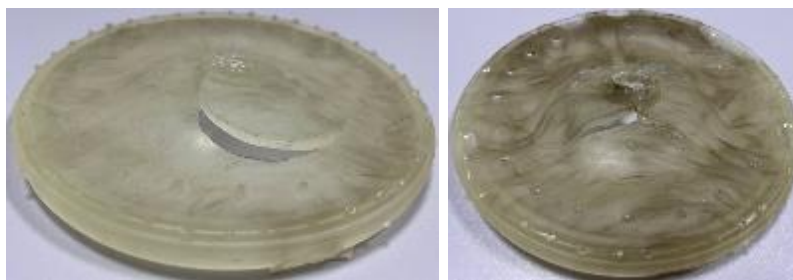
базальтового волокна; г – полиуретан + 3 % базальтового волокна

**Рис. 2 – Внешний вид диафрагм различного состава после стендовых испытаний  
Результаты исследования сложнонапряженной деформации диафрагм**

Как видно по результатам, представленным в таблице, диафрагмы, изготовленные с добавлением 1 и 2 % базальтового волокна, показывают более высокие значения предела прочности при разрыве и относительного удлинения по сравнению с ненаполненной полиуретановой матрицей, примерно на 11 % и на 17 % соответственно. Композиция же с содержанием базальтового волокна 3 %, напротив, демонстрирует ухудшение исследуемых характеристик по сравнению с чистой полиуретановой матрицей на 8 %. Снижение характеристик в этом случае может быть обусловлено низкой равномерностью распределения волокон в объеме матрицы, как было установлено в подразделе 2.5.2: базальтовое волокно в этом случае агломерирует отдельными «островками» и не позволяет качественно сопротивляться приложенным нагрузкам. Качественно диспергированное волокно, как в случае с содержанием базальта 1 и 2 %, является армирующим компонентом, который за счет более высокой прочности эффективно противостоит приложенным разрушающим нагрузкам.

На рисунке 3 можно видеть, что разрушение всех диафрагм, вне зависимости от содержания базальтового волокна, происходило в виде разрыва неправильной формы, расположенного от центрального отверстия диафрагмы к периферии. При этом наличие мелких пузырей на поверхности не оказало никакого влияния на течение процесса.





**Рисунок 3 – Виды разрывов диафрагм после испытаний**

Поскольку по результатам стендовых испытаний диафрагмы с содержанием базальта 1 и 2 об. % показали примерно одинаковый предел прочности, для проведения дальнейших натуральных испытаний предлагаются оба этих состава.

### **Библиографический список**

1. Дорохов А.С. Определение динамической вязкости наполненных композиций на основе термореактивного литьевого полиуретана / Дорохов А.С., Гончарова Ю.А., Свиридов А.С., Тужилин С.П., Алехина Р.А. // Химическая технология. 2022. Т. 23. № 12. С. 502-506.

2. Катаев Ю.В. Оценка абразивной стойкости композиций на основе полиуретановых компаундов, применяемых при изготовлении диафрагм мембранно-поршневых насосов / Катаев Ю.В., Гончарова Ю.А., Свиридов А.С., Тужилин С.П., Казберов Р.Я. // Техника и оборудование для села. 2022. № 6 (300). С. 38-41.

3. Ерохин М.Н. Анализ отказов насосов, применяемых на сельскохозяйственных опрыскивателях различного типа / Ерохин М.Н., Свиридов А.С., Разгоняева А.И. // Техника и оборудование для села. 2021. № 6 (288). С. 36-39.

4. Дорохов А.С. Оценка химической стойкости полиуретановых компаундов, применяемых при изготовлении диафрагм мембранно-поршневых насосов / Дорохов А.С., Свиридов А.С., Гончарова Ю.А., Алехина Р.А. // Техника и оборудование для села. 2021. № 8 (290). С. 41-44.

5. Куделин, Д.В. Применение расчетно-экспериментального метода анализа сложнапряженного состояния резиновых мембран для эффективных решений их производства / Д.В. Куделин, Т.Н. Несиоловская // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2021. – № 2 (88). – DOI: 10.20914/2310-1202-2021-2-230-236.

6. Хромов, М.К. О связи показателей разрушения при прорыве с упруго-прочностными свойствами резин / М.К. Хромов // Каучук и резина. – 2020. – № 8. – С. 6-9.

7. Куделин, Д.В. Моделирование напряженно-деформированного состояния резиновой мембраны при продавливании шарообразным индентором / Д.В. Куделин, Т.Н. Несиоловская // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. междунар. науч. конф.: в 12 т. Т. 3.; Под общ. ред. А. А. Большакова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – С. 140-144.