

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ИЗГИБЕ СЭНДВИЧ-КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ  
РАЗРАБОТКИ НОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ  
ПРОИЗВОДСТВЕ И ХРАНЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ  
ПРОДУКЦИИ**

**EXPERIMENTAL DETERMINATION OF MECHANICAL  
CHARACTERISTICS DURING BENDING OF SANDWICH STRUCTURES  
FOR THE DEVELOPMENT OF NEW CONSTRUCTION SOLUTIONS FOR  
THE PRODUCTION AND STORAGE OF AGRICULTURAL PRODUCTS**



**УДК 631.6**

**DOI:10.24411/2588-0209-2020-10254**

**Приходько Игорь Александрович**

кандидат техн. наук, доцент, кафедра «Строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов», Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар

**Вербицкий Артем Юрьевич**

Обучающийся факультета гидромелиорации, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар

**Бандурин Михаил Александрович**

доктор техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Сопротивления материалов», Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар

**Prikhodko Igor Alexandrovich**

Candidate of Tech. Sciences, Associate Professor, Department of Construction and Operation of Water Management Facilities, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin

**Verbitsky Artyom Yurievich**

Student of the Faculty of Hydromelioration, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar

**Bandurin Mikhail Alexandrovich**

Doctor Tech. Tech. Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Resistance of Materials, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar

### **Аннотация**

Актуальность развития уже имеющихся и создание нового поколения многослойных композитных панелей постоянно повышается, что обусловлено растущим интересом к интеграции этих продуктов в ряд отраслей народного хозяйства, в том числе сельское хозяйство, которое обеспечивает повышение качества получаемой продукции и стабильность урожая. В настоящее время роль сэндвич-панели может быть особенно значимой в связи с насущной потребностью в более устойчивых системах сельского хозяйства, которые стремятся к высокой экономической и экологической эффективности. Кроме того, в изменяющихся природно-климатических условиях, сэндвич технологии обеспечивают необходимые инструменты и достаточные условия для поддержки сельскохозяйственного производства, особенно в условиях защищенного земледелия, например, тепличные комплексы. Сельскохозяйственные производители готовы перейти на новые технологии ведения сельского хозяйства, которые способны справиться с задачами по расширению и приумножению урожая, что обеспечит повышение доходов и сохранения продовольственной безопасности России. Сэндвич-панели являются экономически эффективным средством для решения различных задач сельскохозяйственной отрасли. Высокий спрос на данные изделия, и их интенсивное использование сейчас и в будущем не вызывает сомнений, поэтому существует острая необходимость в установлении устойчивости «сэндвич»-панелей. В работе предлагается экспериментальное определение механических характеристик компонентов сэндвич-композиционного материала, применяемого при изготовлении круговых пластин высокой жесткости, с использованием испытаний на изгиб. Решение, выбранное для этого «сэндвич»-композиционного материала, определялось исходя из конструктивных, технологических и стоимостных соображений. В статье представлены результаты испытаний, которые могут быть использованы на практике при аналогичном применении, изготовленных с использованием одних и тех же композиционных материалов.

### **Summary**

The relevance of the development of existing ones and the creation of a new generation of multilayer composite panels is constantly increasing, which is due to the growing interest in the integration of these products into a number of sectors of the national economy, including agriculture, which ensures an increase in the quality of the products obtained and the stability of the crop. Nowadays, the role of

the sandwich panel may be especially significant due to the pressing need for more sustainable agricultural systems that strive for high economic and environmental efficiency. In addition, in changing climatic conditions, sandwich technologies provide the necessary tools and sufficient conditions to support agricultural production, especially in protected agriculture, for example, greenhouse complexes. Agricultural producers are ready to switch to new agricultural technologies that are able to cope with the tasks of expanding and increasing the harvest, which will ensure higher incomes and preserve food security in Russia. Sandwich panels are a cost-effective tool for solving various problems of the agricultural industry. The high demand for these products, and their intensive use now and in the future, is beyond doubt, therefore there is an urgent need to establish the stability of the "sandwich" panels. The paper proposes an experimental determination of the mechanical characteristics of the components of a sandwich-composite material used in the manufacture of circular plates of high rigidity using bending tests. The solution chosen for this "sandwich" -composite material was determined on the basis of design, technological and cost considerations. The article presents the results of tests that can be used in practice in a similar application, made using the same composite materials.

**Ключевые слова:** сэндвич-панели, свойства композита, испытание композита, сельское хозяйство, защищенный грунт.

**Key words:** sandwich panels, composite properties, composite testing, agriculture, protected ground.

### **Введение.**

Популярность быстровозводимых, экономичных и функциональных конструкций из сэндвич-панелей растет с каждым годом, в особенности для целей сельского хозяйства. Основными причинами такой популярности являются долговечность материала – 50 лет [1, 2], низкая стоимость строительства, высокая надежность и экологичность сельскохозяйственной и животноводства. Большим достоинством композитов сэндвич-панелей является их высокая устойчивость к агрессивным средам, что является важным показателем для построек сельскохозяйственного назначения [3, 4].

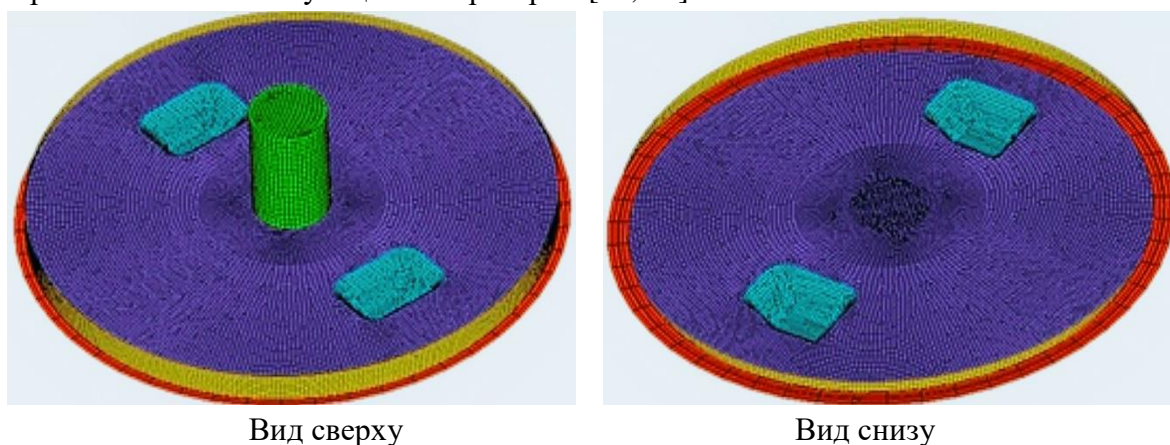
Модульная технология сэндвич-панелей позволяет в сжатые сроки и минимальными трудовыми затратами выполнять строительство сооружений, отличающиеся простотой сборки и их эксплуатации из-за высокой степени надежности, прочности, качественная теплоизоляция, пожарная безопасность и отсутствие необходимости в отделке, имеют повышенной химической стойкостью, отсутствием реакции на щелочи, кислоты и другие активные вещества, высоких антикоррозийных характеристик [5, 6].

Следовательно, к материалу, используемого в сэндвич-панелях, должны предъявляться высокие требования, а именно при необходимости обеспечить полную герметичность, влагоустойчивость и непроницаемость.

Поэтому проводимые нами исследования были сфокусированы на изучении характеристик композитных многослойных материалов [7, 8].

#### Материалы и методы.

Композитные многослойные материалы находят множество применений в инженерной практике благодаря многочисленным преимуществам, которые они предоставляют. Как правило, они просты в изготовлении, имеют низкую стоимость и обладают очень хорошими механическими свойствами [9, 10]. Рассмотрим использование нескольких типов материалов в случае круглых пластин (рисунок 1). Материалы, составляющие «сэндвич», могут быть расположены в различных последовательностях, иметь различные типы, свойства, толщины и т. д. Чтобы сделать аналитический расчет, который даст нам свойства композита в целом, нам необходимо знать свойства составляющих его материалов. Самый простой и точный способ сделать это – выполнить механические испытания материалов в соответствующей лаборатории [11, 12].



Вид сверху

Вид снизу

Рисунок 1 – Модель круглой пластины по методу конечных элементов

Модель расчета по методу конечных элементов, представленной на рисунке 1, на рисунке 2 показана схема расположения слоев многослойной структуры композитного листа. Как видно из рисунка, пластина была разделена на три области следующим образом:

- зона А – это боковая поверхность пластины
- зона В – область в которую вставляется слой ориентированно-стружечная плита
- зона С – это область ручки захвата пластины, где не используется ориентированно-стружечная плита.

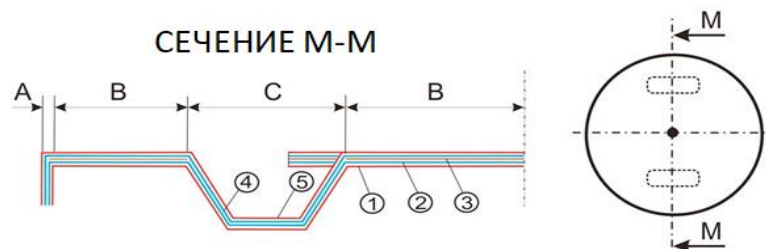


Рисунок 2 – Схема компоновки многослойной структуры круговой пластины

В таблице 1 представлены материалы для анализируемой структуры, расположение этих слоев и толщина каждого слоя. На рисунке 3 показано расположение слоев материала.

Таблица 1 – Толщина слоев в композитной пластине

Номер слоя	Материал	Толщина (мм)
1	МАТ450	2
2	Армированный волокнами стекло композит	2
3	Ориентированно-стружечная плита	10
4	Армированный волокнами стекло композит	2
5	МАТ450	2

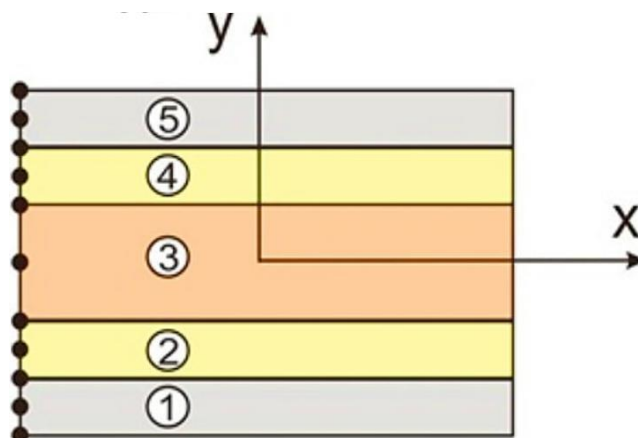


Рисунок 3 – Укладка слоев в многослойной композитной пластине

Для материалов, описанных выше и образующих этот композит, были проведены испытания на изгиб. Эти тесты помогут нам оценить общую характеристику конструкции в случае различных внешних нагрузок. Все испытания проведены на стандартизированных образцах, изготовленных из указанных выше материалов. Описание технических методов проведения испытаний приведено в [1, 2].

Испытание на изгиб проводится с использованием образцов, изготовленных из трех типов используемых материалов. Механические характеристики, полученные в результате испытаний на изгиб, соответствуют стандартам. Для испытания на изгиб выбирается простая схема нагружения (рисунок 4), при которой образец может иметь круглое или прямоугольное поперечное сечение, нагрузка будет прикладываться перпендикулярно оси образца на середине расстояния опоры, пока не произойдет разрыв [13, 14].

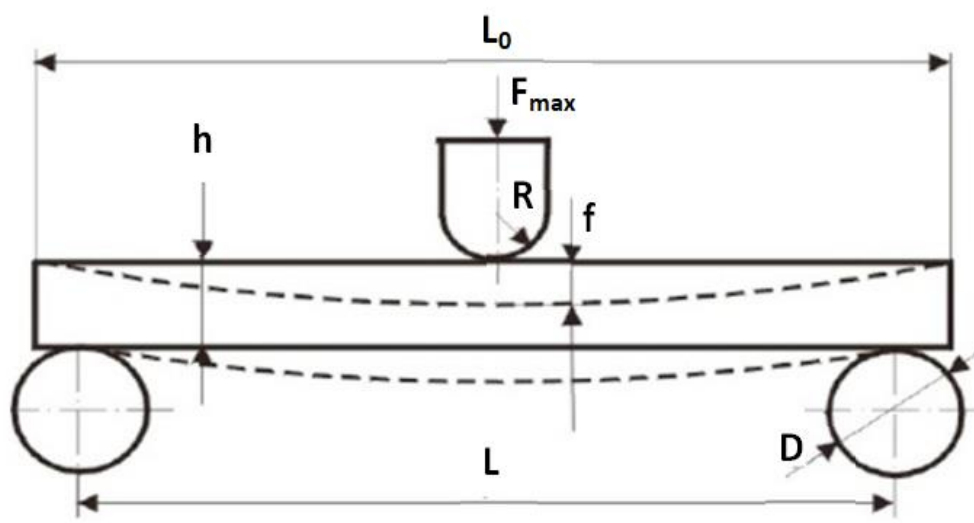


Рисунок 4 – Схема испытания на изгиб

Поле напряжений в образце неоднородно из-за переменного изгибающего момента и линейного изменения нормального напряжения в поперечном сечении.

Нормальное напряжение в одном образце на расстоянии  $y$  от нейтральной оси (рисунок 5) получается по формуле Навье:

$$\sigma = \frac{M_i}{I_z} y, \text{ МПа} \quad (1)$$

где ( $M_i$  – изгибающий момент в поперечном сечении ( $H$ , мм)) и ( $I_z$  – момент инерции в поперечном сечении относительно оси изгиба ( $\text{мм}^4$ )).

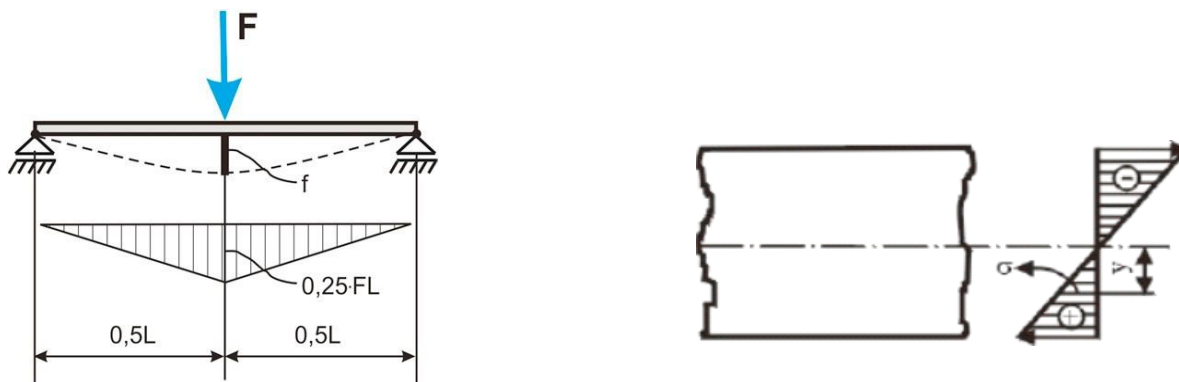


Рисунок 5 – Распределение изгибающих напряжений

Максимальное смещение в середине образца составляет:

$$f = \frac{F \cdot L^2}{48 \cdot E I_z}, \text{ мм} \quad (2)$$

где ( $E$  – модуль Юнга [МПа]).

При определении максимального значения нагрузки в момент разрушения ( $F_{\max}$ ) с помощью регистрирующего устройства определяется деформация образца при разрыве, измеренная в точке приложения нагрузки. Далее будут представлены испытания трех материалов, использованных для изготовления исследуемой сэндвич-панели.

#### Результаты.

**Испытания материалов, используемых в структуре композитной плиты.** Испытания материала ориентированно-стружечной плиты проводились на стандартизированных образцах с соблюдением действующих норм в отношении размеров образцов и скорости их нагружения.



а



б

Рисунок 6 – Образцы ориентированно-стружечная плита а) до испытания на изгиб; б) после испытания на изгиб

Для определения механических свойств материала использовали десять образцов (рисунок 6). Для испытаний использовался стандарт: STAS SR EN ISO 14125: 2000. В испытаниях использовалась машина: LLYOD LS 100 (максимальная нагрузка – 100 кН).

В таблице 2 представлены геометрические размеры используемых образцов, а также механические характеристики, полученные в результате проведенных механических испытаний.

Таблица 2 – Механические свойства ориентированно-стружечной плиты, полученные после испытаний

№	Длина (мм)	Ширина (мм)	Толщина (мм)	Вес (g)	Плотность (кг/м <sup>3</sup> )	Разрывная нагрузка (Н)	Модуль Юнга (Н/мм <sup>2</sup> )
1	250	51,44	10,18	84,60	646,22	417,00	4090,80
2	250	50,72	10,07	74,57	584,00	444,00	3591,25
3	250	50,50	9,96	81,52	648,30	490,00	5050,46
4	250	50,81	9,93	81,24	644,07	370,00	3417,05
5	250	50,55	10,13	80,23	626,71	449,00	3844,16
6	250	51,26	10,18	81,56	625,19	508,00	4253,10
7	250	51,86	9,83	79,12	620,81	451,00	4425,51
8	250	51,39	9,90	83,45	656,10	456,00	3890,61
9	250	51,23	10,35	83,21	627,73	409,00	4049,32
10	250	50,64	9,90	78,97	630,08	327,00	3256,27
Средний	250	51,00	10,07	80,59	627,52	427,25	3826,26
Стандартное отклонение						82,56	654,89

Графически представлены механические характеристики, полученные для десяти образцов, изготовленных из ориентированно-стружечной плиты, показаны на рисунках 7 и 8

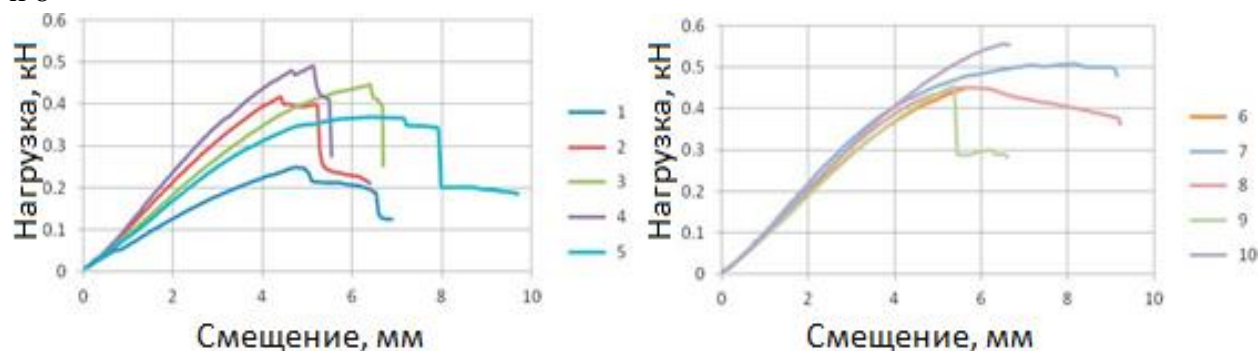


Рисунок 7 – Диаграмма «нагрузка – смещение» для: а) первых 5 образцов (1–5) и б) следующих пяти (6–10) образцов ориентированно-стружечной плиты

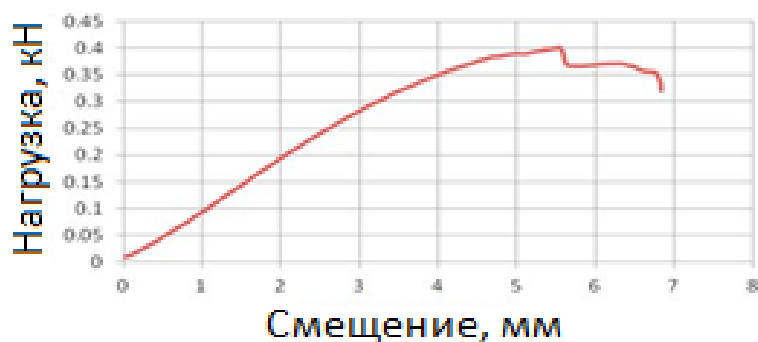
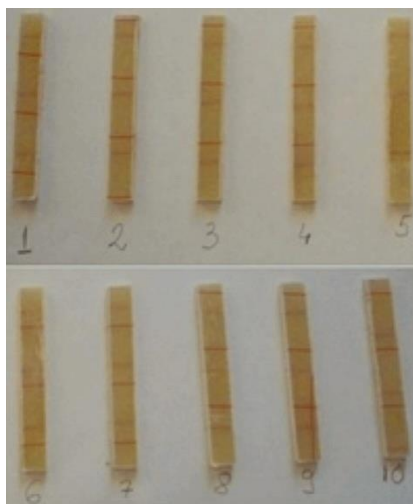


Рисунок 8 – Диаграмма «нагрузка-смещение», учтенная для всего набора образцов ориентированно-стружечной плиты

**Испытание на изгиб материала MAT450.** Образцы MAT 450, подвергнутые испытаниям на изгиб, показаны на (рисунок 9). Десять экземпляров этого типа материала были использованы для проведения испытаний на изгиб. На основе этих испытаний, в таблице 3 и в графической форме (рисунки 10, 11) представлены механические характеристики.



а



б

Рисунок 9 – Образцы MAT450 а) перед испытанием на изгиб; б) после испытания на изгиб

По результатам теста после всей выборки образцов, средняя разрывная нагрузка, полученная в результате испытаний, составляет приблизительно 218 Н, а среднее смещение при разрывном усилии имеет значение 8,47 мм.

Таблица 3 – Механические свойства MAT450, полученные после испытаний

№	Длина (мм)	Ширина (мм)	Толщина (мм)	Площадь сечения (мм <sup>2</sup> )	Разрывная нагрузка (Н)	Разрушающее напряжение (МПа)	Смещение при разрывном усилии (мм)	Модуль Юнга (МПа)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	80	10	6,5	65	216,36	5,46	9,11	3083,65
2	80	9,84	6,61	65,04	179,36	5,68	9,47	2299,16
3	80	9,81	6,10	59,80	230,74	5,16	8,60	4499,41
4	80	9,89	6,70	66,28	258,90	5,32	8,86	3355,79



5	80	10,29	6,21	63,86	223,31	5,27	8,79	3969,71
6	80	10,06	6,32	63,54	274,67	4,48	7,46	5358,44
7	80	9,92	6,15	61,02	221,11	5,22	8,70	4114,75

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	80	10,18	5,93	60,38	165,77	4,60	7,67	4046,03
9	80	9,67	6,48	62,68	224,09	4,36	7,27	4048,58
10	80	9,85	6,33	62,40	185,03	5,24	8,73	3048,48
Средний					217,93	5,08	8,47	3782,40
Стандартное отклонение					34,05	0,44	0,74	

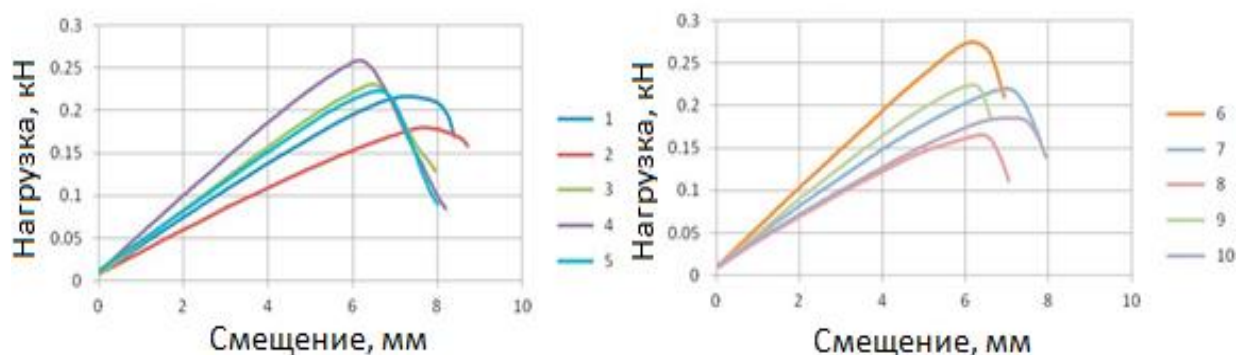


Рисунок 10 – Диаграмма «нагрузка-смещение» для а) первых пяти образцов (1–5) и б) следующих пяти (6–10), изготовленных из МАТ450

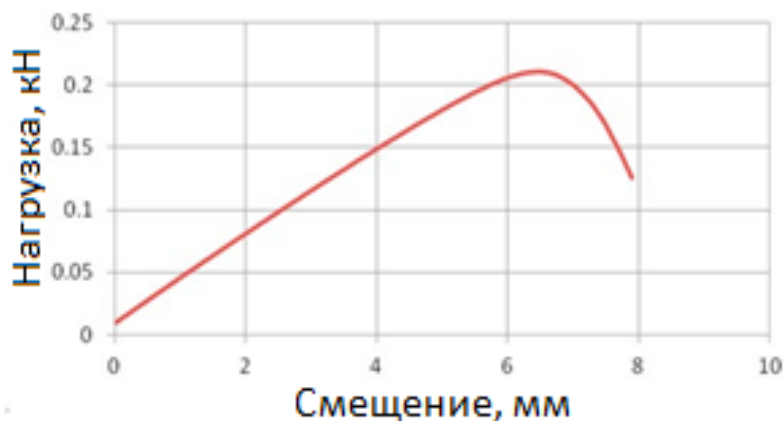


Рисунок 11 – Диаграмма "нагрузка-смещение", учтенная для всего набора образцов, изготовленных из МАТ450

**Испытание на изгиб стекловолокна.** Аналогично представлены результаты испытаний, проведенных на образцах, изготовленных из армированного стекловолоконного композита (рисунок 12). Эти измерения представлены в таблице 4 и на рисунках 13 и 14.



Рисунок 12 – Образцы стекловолокна а) перед испытанием на изгиб; б) после испытания на изгиб

Как можно видеть, разрывная нагрузка материала стекловолокна в среднем (148,5 Н) ниже на 68% по сравнению с МАТ 450, также ниже и смещение при разрывном усилии примерно на 44,6%. По сравнению с МАТ 450 этот материал имеет более низкие механические свойства, это доказывает низкая жесткость и относительно небольшое смещение, что означает, что этот материал может иметь хрупкое поведение. Он также выполняет функции заполнителя пустот в структуре готового продукта и изоляционно-защитные – от воздействия агрессивных факторов окружающей среды.

Таблица 4 – Механические свойства армированного волокнами стекло композита, полученные после испытаний

№	Длина (мм)	Ширина (мм)	Толщина (мм)	Площадь сечения (мм <sup>2</sup> )	Разрывная нагрузка (Н)	Разрушающее напряжение (МПа)	Смещение при разрывном усилии (мм)	Модуль Юнга (МПа)
1	80	10	6,5	65	80,16	1,23	2,05	769,87
2	80	9,84	6,61	65,04	159,84	2,46	3,76	807,79
3	80	9,81	6,10	59,80	159,84	2,32	4,45	824,22
4	80	9,89	6,70	66,28	162,67	2,5	4,69	628,95
5	80	10,29	6,21	63,86	171,36	2,64	4,98	754,80
6	80	10,06	6,32	63,54	208,99	3,22	4,75	936,91
7	80	9,92	6,15	61,02	152,10	2,34	4,12	862,71
8	80	10,18	5,93	60,38	157,09	2,42	3,54	1129,18
9	80	9,67	6,48	62,68	116,84	1,8	2,94	814,83
10	80	9,85	6,33	62,40	126,01	1,94	2,5	1088,09
Средний					148,58	2,28	3,78	861,74
Стандартное отклонение					34,61	0,53	1,01	

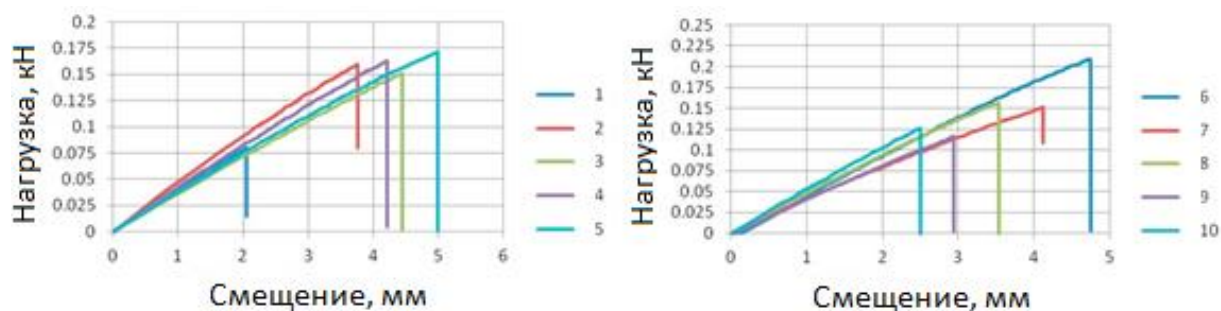


Рисунок 13 – Диаграмма «нагрузка-смещение» для а) первых 5 образцов (1–5) и б) следующих пяти (6–10), изготовленных из стекловолоконного композита

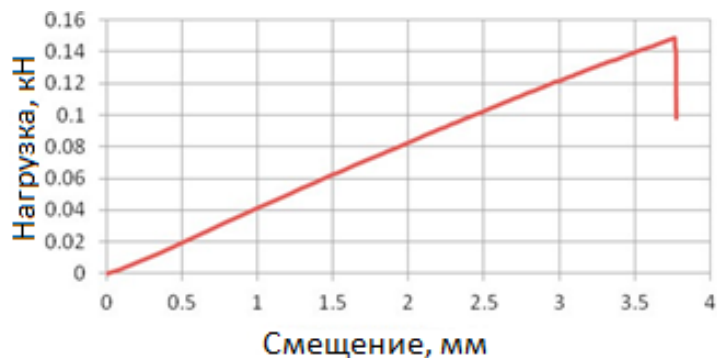


Рисунок 14 – Диаграмма «нагрузка-смещение», учтенная для всего набора образцов из стекловолоконного композита

#### Обсуждение результатов.

Механические свойства стекловолокна значительно ниже, чем у МАТ450. Это объясняется тем, что роль этого материала в структуре сэндвич-пластины заключается не только в заполнении пустот, возникающих в результате литья слоев, но и получении высокой однородности слоев на конечной стадии изготовления продукта.

Полученные в статье результаты могут быть использованы в дальнейших исследованиях для определения механических свойств конструкций из композитных сэндвич-панелей.

#### Выводы.

Поиск новых решений при строительстве сооружений сельскохозяйственного назначения заключается в обеспечении требуемых характеристик сооружения, например температура и уровень влажности при хранении фруктов и овощей с минимальными затратами на его возведение и эксплуатацию.

Выполненные исследования позволяют работникам агропромышленного комплекса подбирать материал для сэндвич-панелей с необходимыми и достаточными для оптимальной эксплуатации сооружения характеристиками, тем самым снижая конечную стоимость продукции и делая производимую сельскохозяйственную продукцию более рентабельной.

#### Список использованной литературы

1. «ГОСТ Р 56805–2015 (ИСО 14125:2000) Композиты полимерные. Методы определения механических характеристик при изгибе»
2. «ГОСТ Р 56798–2015 Композиты полимерные. Метод определения механических характеристик при изгибе "сэндвич"-конструкций»

3. Бандурин, М. А. Численное моделирование объемного противофильтрационного геотекстильного покрытия с изменяемой высотой ребра / М. А. Бандурин, В. А. Бандурин // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 4 (27). – С. 46.
2. Бандурин, М. А. Обоснование продления срока эксплуатации несущих конструкций сборных водоподъемных низконапорных щитовых плотин / М. А. Бандурин, И. П. Бандурина // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 2 (29). – С. 102.
4. Бандурин, М. А. Методы моделирования напряженно-деформированного состояния для определения остаточного ресурса железобетонного консольного водосброса при различных граничных условиях / М. А. Бандурин, В. А. Бандурин // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 4 (27). – С. 109.
5. Volosukhin, V. A., Numerical analysis of static strength for different damages of hydraulic structures when changing stressed and strained state / V. A. Volosukhin, M. A. Bandurin, V. V. Vanzha, A. V. Mikheev, Y. V. Volosukhin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Т. 1015. – С. 042061.
6. Bandurin, M. A. The efficiency of impervious protection of hydraulic structures of irrigation systems / M. A. Bandurin, V. A. Volosukhin, I. F. Yurchenko // Advances in Engineering Research. – 2018. – С. 56–61.
7. Волосухин В. А. Методы неразрушающего контроля при моделировании технического состояния железобетонной облицовки водопроводящих каналов / В. А. Волосухин, М. А. Бандурин // Наука и безопасность. – 2012. – № 5. – С. 9–17.
8. Гумбаров, А. Д. Математическая модель динамики плодородия почвы / А. Д. Гумбаров, Е. В. Долобешкин // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018619721, 10.08.2018. Заявка № 2018617240 от 11.07.2018.
9. Гумбаров, А. Д. Расчет на прочность проводов ЛЭП при различных режимах эксплуатации / А. Д. Гумбаров, Е. В. Долобешкин // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018661339, 06.09.2018. Заявка № 2018619213 от 28.08.2018.
10. Сафронова, Т. И. Вероятностный подход к решению проблем управления технологическими процессами рисовой оросительной системы / Т. И. Сафронова, С. А. Владимиров, И. А. Приходько // International Agricultural Journal. – 2020. – Т. 63. № 1. – С. 7.
11. Владимиров, С. А. Методика оценки сбалансированного земельного использования ресурсов и устойчивости агроландшафтов / С. А. Владимиров, И. А. Приходько, Т. И. Сафронова // International Agricultural Journal. – 2020. – Т. 63. № 2. – С. 13.
12. Сафронова, Т. И. Математическая модель режима функционирования рисовой оросительной системы на примере рисовых полей Кубани / Т. И. Сафронова, И. А. Приходько // International Agricultural Journal. – 2020. – Т. 63. № 2. – С. 30.
13. Сафронова, Т. И. Формирование загрязненного поверхностного стока на сельскохозяйственных угодьях / Т. И. Сафронова, И. А. Приходько // International Agricultural Journal. – 2020. – Т. 63. № 3. – С. 1.
14. Владимиров, С. А. Опыт планирования и реализации инновационного проекта эффективного рисоводства / С. А. Владимиров, И. А. Приходько // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 6. – С. 75–79.

#### Spisok ispol'zovannoi literatury

1. «GOST R 56805–2015 (ISO 14125:2000) Kompozity polimernye. Metody opredeleniya mekhanicheskikh kharakteristik pri izgibe»

2. «GOST R 56798–2015 Kompozity polimernye. Metod opredeleniya mekhanicheskikh kharakteristik pri izgibe "sehdvich"-konstruktsii»
3. Bandurin, M. A. Chislennoe modelirovanie ob"emnogo protivofil'tratsionnogo getekstil'nogo pokrytiya s izmenyaemoi vysotoi rebra / M. A. Bandurin, V. A. Bandurin // Inzhenernyi vestnik Dona. – 2013. – № 4 (27). – S. 46.
2. Bandurin, M. A. Obosnovanie prodleniya sroka ehkspluatatsii nesushchikh konstruktsii sbornykh vodopod'emnykh nizkonapornykh shchitovykh plotin / M. A. Bandurin, I. P. Bandurina // Inzhenernyi vestnik Dona. – 2014. – № 2 (29). – S. 102.
4. Bandurin, M. A. Metody modelirovaniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya dlya opredeleniya ostatochnogo resursa zhelezobetonno konsol'nogo vodosbrosa pri razlichnykh granichnykh usloviyakh / M. A. Bandurin, V. A. Bandurin // Inzhenernyi vestnik Dona. – 2013. – № 4 (27). – S. 109.
5. Volosukhin, V. A., Numerical analysis of static strength for different damages of hydraulic structures when changing stressed and strained state / V. A. Volosukhin, M. A. Bandurin, V. V. Vanzha, A. V. Mikheev, Y. V. Volosukhin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – T. 1015. – S. 042061.
6. Bandurin, M. A. The efficiency of impervious protection of hydraulic structures of irrigation systems / M. A. Bandurin, V. A. Volosukhin, I. F. Yurchenko // Advances in Engineering Research. – 2018. – S. 56–61.
7. Volosukhin V. A. Metody nerazrushayushchego kontrolya pri modelirovanii tekhnicheskogo sostoyaniya zhelezobetonnoi oblitsovki vodoprovodyashchikh kanalov / V. A. Volosukhin, M. A. Bandurin // Nauka i bezopasnost'. – 2012. – № 5. – S. 9–17.
8. Gumbarov, A. D. Matematicheskaya model' dinamiki plodorodiya pochvy / A. D. Gumbarov, E. V. Dolobeshkin // Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EHVM RU 2018619721, 10.08.2018. Zayavka № 2018617240 ot 11.07.2018.
9. Gumbarov, A. D. Raschet na prochnost' provodov LEHP pri razlichnykh rezhimakh ehkspluatatsii / A. D. Gumbarov, E. V. Dolobeshkin // Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EHVM RU 2018661339, 06.09.2018. Zayavka № 2018619213 ot 28.08.2018.
10. Safronova, T. I. Veroyatnostnyi podkhod k resheniyu problem upravleniya tekhnologicheskimi protsessami risovoi orositel'noi sistemy / T. I. Safronova, S. A. Vladimirov, I. A. Prikhod'ko // International Agricultural Journal. – 2020. – T. 63. № 1. – S. 7.
11. Vladimirov, S. A. Metodika otsenki sbalansirovannogo zemel'nogo ispol'zovaniya resursov i ustoichivosti agrolandshaftov / S. A. Vladimirov, I. A. Prikhod'ko, T. I. Safronova // International Agricultural Journal. – 2020. – T. 63. № 2. – S. 13.
12. Safronova, T. I. Matematicheskaya model' rezhima funktsionirovaniya risovoi orositel'noi sistemy na primere risovykh polei Kubani / T. I. Safronova, I. A. Prikhod'ko // International Agricultural Journal. – 2020. – T. 63. № 2. – S. 30.
13. Safronova, T. I. Formirovanie zagryaznennogo poverkhnostnogo stoka na sel'skokhozyaistvennykh ugod'yakh / T. I. Safronova, I. A. Prikhod'ko // International Agricultural Journal. – 2020. – T. 63. № 3. – S. 1.
14. Vladimirov, S. A. Opyt planirovaniya i realizatsii innovatsionnogo proekta ehffektivnogo risovodstva / S. A. Vladimirov, I. A. Prikhod'ko // Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal. – 2019. – № 6. – S. 75–79.