

УДК 631.356

UDC 631.356

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ В КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИНАХ

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PHYSICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF COMPOSITE MATERIALS USED IN POTATO HARVESTERS

Жбанов Никита Сергеевич
к.т.н., доцент кафедры
РИНЦ SPIN-код= 7241-6650
Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического университета, Рязань, Россия

Zhbanov Nikita Sergeevich
Cand.Tech.Sci., associate professor of the department
RSCI SPIN-code= 241-6650
Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia

Чернышев Алексей Дмитриевич
к.т.н., заведующий кафедрой
РИНЦ SPIN-код= 5899-2853
Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического университета, Рязань, Россия

Chernyshev Alexey Dmitrievich
Cand.Tech.Sci., head of department
RSCI SPIN-code=5899-2853
Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia

В настоящее время, широкое распространение во многих отраслях промышленности получают новые, современные материалы; они приходят на смену традиционно используемым и обладают лучшими в сравнении с ними характеристиками. Сталь является одним из основообразующих материалов для машино- и приборостроения. Широкое распространение стали получили благодаря своим прочностным характеристикам, способности справляться со значительными нагрузками. Несмотря на неопровержимые достоинства стали, стоит отметить так же и имеющиеся недостатки. К ним относится предрасположенность коррозионному поражению. Кроме того, внушительная масса изделий из стали относится к недостаткам данного материала. Наряду с тем, стоит также отметить значительную стоимость. Проведен анализ материалов, способных заменить данный материал, исключив недостатки. Было установлено, что наиболее перспективными являются многокомпонентные материалы - композиты, которые наряду со сталью способны удовлетворить требования надежности, предъявляемые к материалам, применяемым в машиностроении. Одним из наиболее перспективных направлений применения композитов является отрасль сельского хозяйства. Известны рабочие органы картофелеуборочных машин с использованием композитных материалов. Примером такого рабочего органа является сепарирующий элеватор картофелеуборочного копателя КТН-2 с прутками

Currently, new and modern materials are widely used in many industries, they replace the traditionally used ones, and have better characteristics in comparison with them. Steel is one of the basic materials for machine and instrument engineering. Steel is widely used due to its strength characteristics and ability to cope with significant loads. Despite the undeniable advantages of steel, it is worth noting the disadvantages as well. These include a predisposition to corrosion damage. In addition, the impressive mass of steel products also refers to the disadvantages of this material. Along with that, it is also worth noting the significant cost. The analysis of materials capable of replacing this material has been carried out, eliminating disadvantages. It was found that the most promising are multicomponent materials - composites, which, along with steel, are able to meet the reliability requirements for materials used in mechanical engineering. One of the most promising areas of application of composites is the agricultural sector. The working bodies of potato harvesters using composite materials are known. An example of such a working body is the separating elevator of the potato harvester KTN-2 with rods made of composite material, namely fiberglass reinforcement. In this case, the use of innovative material has significantly reduced the weight of the separation elevator structure, as well as reduce its market value. In addition, due to the introduction of a highly flexible material, some operational characteristics of the working body as a whole have been improved. Previously, fiberglass fittings were tested in the laboratory to clarify the most

из композитного материала, а именно стеклопластиковой арматуры. В данном случае, использование инновационного материала позволило значительно уменьшить массу конструкции сепарирующего элеватора, а так же снизить его рыночную стоимость. Кроме того, за счет внедрения материала обладающего высокой гибкостью, достигнуто улучшение некоторых эксплуатационных характеристик рабочего органа в целом. Ранее, стеклопластиковая арматура испытывалась в лабораторных условиях для уточнения наиболее значимых для внедрения в эксплуатацию ее характеристик. Были проведены испытания на разрыв, изгиб, а так же ударную вязкость. Стеклопластиковая арматура имеет песчаное напыление, наличие которого негативно сказывается на продукте производства - картофеле. Для исключения негативных воздействий на поверхность арматуры наносилась гидроизоляционная мастика, которая за счет функции «Антидождь» обеспечила отталкивание воды от тела стеклопластикового прутка, в результате чего капли скатывались по поверхности прутка, не проникая внутрь. В настоящий момент, существует аналог данной стеклопластиковой арматуры, например арматура СП– 12 ТУ с гидрофобным верхним слоем. Использование данного материала позволит сократить производственные расходы на изготовление прутков сепарирующего элеватора, за счет исключения процесса покрытия прутка дополнительным верхним слоем. Первостепенной задачей является подтверждение равнозначности технических характеристик сравниваемых полимерных материалов. Был проведен сравнительный анализ стеклопластиковой арматуры с песчаным покрытием, используемой ранее и арматуры с гидрофобным верхним слоем. Пруток с гидрофобным покрытием подвергался тем же лабораторным испытаниям, что и стеклопластиковая арматура с песчаным напылением. Данные, полученные в результате испытаний, обрабатывались. Произведено сопоставление значений ударной вязкости, изгиба, нагрузки, предшествующей разрыву ранее исследуемой стеклопластиковой арматуры со значениями, полученными в результате аналогичных испытаний прутков с гидрофобным верхним слоем. В результате исследований было установлено, что характеристики сравниваемых образцов сходны. Необходимым является дальнейшее исследование влагоотталкивающих свойств материала, за счет которых арматура СП– 12 ТУ способна получить приоритет перед арматурой с песчаным напылением

Ключевые слова: КОМПОЗИТ, СТЕКЛОПЛАСТИК, ГИДРОФОБНОЕ ПОКРЫТИЕ

important characteristics for their commissioning. Tests for rupture, bending, as well as impact strength were carried out. Fiberglass reinforcement has a sandy coating, the presence of which negatively affects the product of production, potatoes. To eliminate negative effects on the surface of the reinforcement, waterproofing mastic was applied, which, due to the "Anti-rain" function, provided water repulsion from the body of the fiberglass rod, as a result of which drops rolled down the surface of the rod without penetrating inside. Currently, there is an analogue of this fiberglass reinforcement, for example, the SP– 12 TU reinforcement with a hydrophobic top layer. The use of this material will reduce production costs for the manufacture of bars of the separating elevator, by eliminating the process of coating the bar with an additional top layer. The primary task is to confirm the equivalence of the technical characteristics of the compared polymer materials. A comparative analysis of fiberglass reinforcement with a sand coating used earlier and reinforcement with a hydrophobic top layer was carried out. The rod with a hydrophobic coating was subjected to the same laboratory tests as the fiberglass reinforcement with sand spraying. The data obtained as a result of the tests were processed. The values of the impact strength, bending, pre-rupture load, and previously studied fiberglass reinforcement were compared with the values obtained as a result of similar tests of bars with a hydrophobic upper layer. As a result of the research, it was found that the characteristics of the compared samples are similar. It is necessary to further study the moisture-repellent properties of the material, due to which the SP-12 TU fittings are able to receive priority over sand-coated fittings

Keywords: COMPOSITE, FIBERGLASS, HYDROPHOBIC COATING

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-199-006>

Введение

В настоящее время композитные материалы являются одними из наиболее перспективных и получили широкое распространение во многих отраслях промышленности. За счет своих характеристик способны обеспечить наилучшие эксплуатационные показатели устройств, в которых они применяются. Стоит отметить, широкий диапазон областей применения композитов, что обусловлено многослойностью и многокомпонентностью последних. Сельскохозяйственная отрасль является одной из наиболее прогрессирующих. Известен ряд рабочих органов картофелеуборочных машин с использованием композитных материалов. Примером такого рабочего органа является сепарирующий элеватор картофелеуборочного копателя КТН-2 с прутками из композитного материала. Композит в данном случае представлен арматурой состоящей из стеклопластиковых волокон, связующих их смол и песчаного напыления.

В данном случае использование инновационного материала позволило значительно уменьшить массу конструкции сепарирующего элеватора, а так же снизить его рыночную стоимость. Кроме того за счет внедрения материала обладающего высокой гибкостью, достигнуто улучшение некоторых эксплуатационных характеристик рабочего органа в целом.

В лабораторных условиях проводились исследования, для уточнения технических характеристик арматуры, а также прочности ее соединения с металлическими трубками, которые в конструкции рабочего органа выступают в роли замков - элементов крепления прутков к резиново тканевым приводным ремням. Испытания на разрыв подтвердили

<http://ej.kubagro.ru/2024/05/pdf/06.pdf>

надежность соединения и возможность применения его в сельском хозяйстве. Показатели сопротивления ударам также удовлетворяют требованиям надежности. Проведенные исследования изгиба арматуры подтвердили высокий модуль упругости материала, установлено, что возможен изгиб арматуры до значительных значений без изменения его свойств и функциональных возможностей.

Стеклопластиковая арматура, за счет своего молекулярного строения в меньшей степени подвержена коррозионным воздействиям нежели сталь. Для полного исключения подобных воздействий, арматура была покрыта гидроизоляционной мастикой, которая за счет функции «Антидождь» обеспечивает отталкивание воды от тела стеклопластиковой арматуры. Кроме того, позволяет уменьшить повреждения клубней, возникающих в результате перемещения клубненосного пласта по поверхности сепарирующего элеватора. Стоит отметить возможность применения мастики, как на стеклопластиковых прутках, так и стандартных металлических. Как было отмечено ранее, за счет использования гидроизоляционной мастики в качестве верхнего слоя прутков сепарирующего элеватора, был достигнут ряд улучшений. В свою очередь это привело материальным затратам включающим в себя: приобретение мастики, а также оплату труда рабочих занятых при нанесении мастики на прутки сепарирующего элеватора, что уменьшило экономический эффект от использования стеклопластиковой арматуры в конструкции рабочего органа первичной сепарации.

В настоящий момент на рынке имеется ряд альтернатив стеклопластиковой арматуры, одним из таких вариантов может быть арматура СП– 12 ТУ (ГОСТ 31938-2022) (рисунок 1).



Рисунок 1. – Общий вид арматуры СП– 12 ТУ

Данный пруток имеет гидрофобный верхний слой, который наряду с гидроизоляционной мастикой способен предотвратить проникновение влаги к ядру прутка. В процессе взаимодействия влаги с прутком, капли воды скатываются по телу прутка, что на 95% процентов позволит исключить поражения коррозией прутка. Из ранее изложенного следует, что применение предлагаемой арматуры позволит повысить экономический эффект от внедрения облегченного сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин. Первостепенной задачей является подтверждение равнозначности технических характеристик сравниваемых полимерных материалов. Исходя из ранее изложенного, необходимым является проведение повторных испытаний на разрыв, ударную вязкость, изгиб предлагаемой арматуры с гидрофобным верхним слоем, с последующим анализом полученных значений и сопоставлением с данными приобретенными ранее в результате испытаний стеклопластиковой арматуры с песчаным напылением.

Материалы и методы исследования

При внедрении нового материала как предмета конструкции, одной из приоритетных задач является исследование физико-механических характеристик материала. Последующий критический анализ полученных

значений позволяет установить возможность использования материала в конструкциях технических систем в том числе картофелеуборочной техники. Стоит отметить также важность исследования узлов, соединений с использованием нового материала. В представленном сепарирующем элеваторе картофелеуборочного копателя КТН-2В одним из таких узлов является соединения композитных прутков с металлическими замками. Ранее, в результате исследований данного узла было установлено, соответствие требованиям прочности и надежности данного соединения. Для подтверждения сопоставимости материалов предлагаемую арматуру подвергали испытаниям на разрыв. Для испытаний использовалась арматура СП-12ТУ (ГОСТ 31938-2022). Заявленный диаметр арматуры составляет 12 мм, что сопоставимо с диаметром металлических прутков сепарирующего полотна картофелеуборочных машин, в том числе картофелеуборочного копателя КТН-2В. Стоит отметить, что в результате замера диаметра прутка штангенциркулем было установлено, что фактический диаметр не соответствует заявленному. Фактический диаметр составил 10 мм. Для объективного эксперимента приняли арматуру СП-14ТУ, фактический диаметр которой составляет 12 мм (рисунок 2).



Рисунок 2. – Определение размерных характеристик арматуры СП– 12 ТУ

Испытания на разрыв проводились на разрывных машинах Р-50 с использованием заготовок из стеклопластиковой арматуры, изготовленных

согласно нормативно технической документации соответствующей данному испытанию [1]. Уточнялось усилие необходимое для извлечения прутка из металлического замка.

Исследования арматуры на ударную вязкость проводились согласно стандартной методике при помощи маятникового копра. Эксперимент заключался в разрушении экспериментальных образцов посредством воздействия маятника (рисунок 3), а именно его падения на экспериментальный образец с разной высоты. Следует отметить, что образец предварительно обтачивался со всех сторон для устранения неровностей и придания квадратного сечения прутку [1].



а

б

в

а- высота падения маятника 0,4м; б– высота падения маятника 1м;

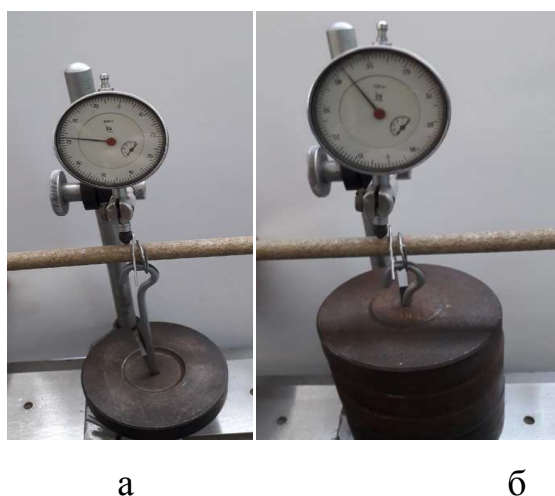
в– высота падения маятника 1,4м.

Рисунок 3. – Общий вид маятникового копра

В результате исследования была определена величина сохраненной маятниковой энергии и как следствие средняя ударная вязкость.

Наряду с прочими экспериментами проводилось исследование изгиба прутка, под действием грузов разной массы (рисунок 4). Стоит отметить, что стороны прутка обтачиваются для исключения неровностей

поверхности. Данное действие является необходимым, для обеспечения наиболее устойчивого крепления груза к прутку [1].



а- показатели тензометрического датчика при нагрузке в 1 кг; б- показатели тензометрического датчика при нагрузке в 5 кг
Рисунок 4. – Общий вид тензометрического датчика

Масса груза варьировалась от 1 до 5 кг. В результате исследований были получены значения изгиба прутка в зависимости от прилагаемой нагрузки.

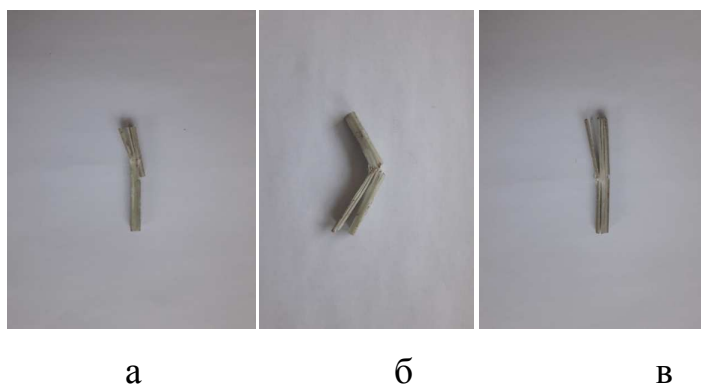
Результаты исследований

В результате проведенного эксперимента на разрыв было установлено, что нагрузка предшествующая разрыву варьировалась от 3580 до 4010 Н. Разница полученных значений, обусловлена размерными характеристиками трубок используемых в эксперименте. Длина соединения прутка с холоднодеформированной трубкой варьировалась от 40-80мм. Наибольшее значение нагрузки предшествующей разрыву было зафиксировано при длине трубки 80мм и составило 3950 Н.

При разрыве деформации трубки, как и прутка, не наблюдалось. В результате проведения эксперимента пруток был извлечен из

металлической трубки. Зафиксированное значение нагрузки предшествующей разрыву позволило установить, что данное соединение соответствует требованиям прочности, предъявляемым к узлам сельскохозяйственных машин.

В результате проведенного эксперимента на ударную вязкость было установлено, что экспериментальные образцы не разрушаются полностью, а характеризуются расщеплением на волокна (рисунок 5).



а- разрушения образца при падении маятника с высоты 0,4м; б- разрушения образца при падении маятника с высоты 1м; в- разрушения образца при падении маятника с высоты 1,4м;

Рисунок 5. – Общий вид экспериментальных образцов после воздействия маятника

Кроме того было установлено, что средняя величина ударной вязкости образцов арматуры СП– 14 ТУ составляет 770566 Дж/м².

В результате проведенных исследований на изгиб было установлено, что среднее значение изгиба прутка при нагрузке в 5 кг составляет 0,012 м.

В результате проведенных экспериментов были уточнены характеристики стеклопластиковой арматуры с гидрофобным покрытием. Основной задачей исследования являлось сравнение стеклопластиковой арматуры с песчаным покрытием (ГОСТ 31938-2012) и арматуры СП– 14 ТУ (ГОСТ 31938-2022), для выявления материала с наилучшими характеристиками.

Для объективного сравнения образцов, полученные в результате испытаний данные, заносили в сводную таблицу 1.

Таблица 1 – Физико-технические характеристики стеклопластиковой арматуры

Название материала	Нагрузка, предшествующая разрыву, Н	Ударная вязкость, Дж/м ²	Изгиб, мм
Стеклопластиковая арматура (с песчаным напылением)	3510...4000	766911,4	2,24...11,85
Стеклопластиковая арматура (с гидрофобным покрытием)	3580...4010	770566,2	2,23...11,80

Из таблицы видно, что из сравниваемых образцов незначительное превосходство имеет арматура СП– 14 ТУ (ГОСТ 31938-2022), но учитывая погрешность испытаний, характеристики принято считать сходными.

Заключение

В результате исследований было установлено, что характеристики арматуры СП– 12 ТУ с гидрофобным покрытием и ранее используемой арматуры с песчаным напылением сходны. Необходимым является дальнейшее исследование влагоотталкивающих свойств материала, за счет которых арматуры СП– 12 ТУ способна получить приоритет перед арматурой с песчаным напылением.

Библиографический список

1. Жбанов Н.С. Исследование свойств композитных материалов применяемых в картофелеуборочных машинах [Текст] / Н.С.Жбанов, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович и др. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, РГАТУ., - 2019. –№ 1 (41). – С. 15-21.

References

1. Zhbanov N.S. Issledovanie svoystv kompozitnykh materialov primenyaemykh v kartofeleuborochnykh mashinakh [Tekst] / N.S.Zhbanov, M.Yu. Kostenko, G.K. Rembalovich i dr. // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. – Ryazan, RGATU., - 2019. –№ 1 (41). – S. 15-21.