

Научная статья

УДК 004.9

EDN ZOEZBD

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0633-0-15-20>

**Применение аддитивного производства для восстановления  
работоспособности систем сельскохозяйственной техники**

**Николай Александрович Акимов<sup>1</sup>**, студент магистратуры

**Евгений Евгеньевич Кузнецов<sup>2</sup>**, доктор технических наук, доцент

<sup>1, 2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [akimov721@rambler.ru](mailto:akimov721@rambler.ru), <sup>2</sup> [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru)

**Аннотация.** Использование 3D-печати при проведении ремонта и восстановления работоспособности сельскохозяйственной техники является перспективным направлением, позволяющим значительно сократить затраты времени и материальных средств. В статье рассматривается способ применения 3D-печати и приводится пример применения аддитивного производства для восстановления работоспособности узла изменения угла наклона мотовила жатки комбайна.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, 3D-принтер, проектирование и изготовление детали, эффективность

**Для цитирования:** Акимов Н. А., Кузнецов Е. Е. Применение аддитивного производства для восстановления работоспособности систем сельскохозяйственной техники // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы междунар. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 18–19 апреля 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2024. С. 15–20.

Original article

**The use of additive manufacturing to restore  
the operability of agricultural machinery systems**

**Nikolay A. Akimov<sup>1</sup>**, Master's Degree Student

**Evgeny E. Kuznetsov<sup>2</sup>**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

<sup>1, 2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [akimov721@rambler.ru](mailto:akimov721@rambler.ru), <sup>2</sup> [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru)

**Abstract.** The use of 3D printing in carrying out repairs and restoring the operability of agricultural machinery is a promising area that significantly reduces the cost of time and material resources. The article discusses the method of using

3D printing and provides an example of the use of additive manufacturing to restore the operability of the unit for changing the angle of inclination of the reel of the combine harvester.

**Keywords:** additive technologies, 3D printer, part design and manufacturing, efficiency

**For citation:** Akimov N. A., Kuznetsov E. E. The use of additive manufacturing to restore the operability of agricultural machinery systems. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya (Blagoveshchensk, 18–19 aprelya 2024 g.)* (PP. 15–20), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2024 (in Russ.).

Использование 3D-печати при проведении ремонта и восстановления работоспособности сельскохозяйственной техники является перспективным, современным направлением, позволяющим значительно сократить затраты времени и материальных средств. Несомненными преимуществами аддитивных технологий перед традиционными выступают:

- 1) сокращение сроков проектирования и изготовления детали;
- 2) сокращение трудоемкости и стоимости изготовления;
- 3) безотходное производство и отсутствие швов и сварных соединений;
- 4) сокращение сроков простоя техники;
- 5) уменьшение себестоимости продукции за счет снижения затрат на ремонт и восстановление работоспособности средств механизации;
- 6) экономия общих затрат по формированию складов с запчастями.

При этом выбор для 3D-печати оптимальных полимерных композиционных материалов (ПКМ) или материалов с более высокими техническими характеристиками позволяет повысить эксплуатационные характеристики ремонтируемых деталей и узлов даже в сравнении с оригинальными [1–3].

Предлагаемый способ также позволяет решить определенные задачи и минимизировать производственные расходы:

1. Минимизируются проблемы с логистикой, так как уменьшается время получения необходимых запасных частей.

2. Оптимизируется высокая стоимость запасных частей, особенно для импортной техники.

3. Возможен программируемый износ ремонтных запчастей, что позволяет отслеживать и применять этот массив информации в системе технического обслуживания и ремонта средств механизации, используемой на конкретном предприятии.

4. Возможность необходимого производства после снятия запасных частей или расходных материалов оборудования с выпуска на основных сборочных предприятиях.

5. Требуется меньшее количество традиционных средств производства, поскольку 3D-принтеры способны создавать промежуточные продукты, используемые при сборке основных систем.

6. Идентичность получаемой формы, геометрических и технических характеристик изделия необходимой и заданной детали, что существенно сокращает расход материалов и отходы производства.

Благодаря данным качествам 3D-печать по сравнению с традиционными производственными технологиями обладает и значительным перспективным двойным потенциалом, а именно влечет уменьшение вредных выбросов в атмосферу и экономию машиностроительных материалов.

*Рассмотрим применение аддитивного производства на примере восстановления работоспособности узла изменения угла наклона мотовила жатки комбайна CLAAS.*

В процессе производственной эксплуатации на жатке CLAAS (модель MAXFLEX 620) была обнаружена некорректная работы функции изменения угла наклона мотовила. При проведении дефектовки диагностировано повреждение узла регулировочной муфты исполнительного механизма. Исполнительный механизм состоит из сервопривода и закрепленной на его оси муфты (рис. 1).



**Рисунок 1 – Исполнительный механизм  
жатки CLAAS (модель MAXFLEX 620)**

В качестве основы для изготовления муфты была использована оригинальная деталь со склада заказчика, так как дефектная была утеряна при работе комбайна в поле. Для расчета материальных затрат на восстановление работоспособности комбайна и выбора способа производства применен метод поиска и сопоставления стоимости детали в условиях использования ремонтируемой машины в отдаленном районе и доставке из ближайшего логистического центра дилера CLAAS в Российской Федерации (ООО «Даль Агролига» и ООО «Агроресурс» (табл. 1).

**Таблица 1 – Варианты замены дефектного элемента и стоимость искомой детали**

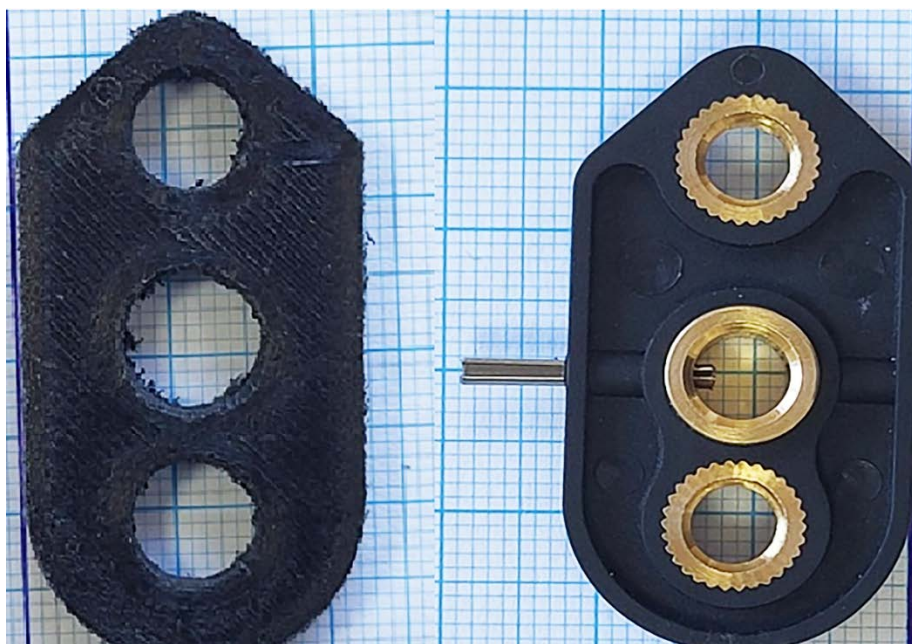
| Показатели поиска                  | Дилер CLAAS | Дженерик, Китай | Литье в производственных условиях | 3D-печать |
|------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------------------------|-----------|
| Стоимость, руб.                    | 1 300,00    | нет данных      | не производится                   | 500,00    |
| Срок поставки, дней                | до 30       | нет данных      | не производится                   | —         |
| Срок изготовления, установки, дней | —           | нет данных      | не производится                   | 0,5–1     |

Данные таблицы показывают, что для быстрого ввода в эксплуатацию жатки CLAAS без срывов агротехнических сроков, наиболее предпочтительным является только 3D-печать.

В качестве альтернативы ожиданию было принято решение использования 3D-печати, так как время получения рабочей запасной детали составляло в пределах 2–4 часов от времени заказа детали. Печать осуществлялась на оборудовании ИП Соболев Н. А. (3d.blag). Оборудование «No Name» собрано из деталей отдельных принтеров. При этом в качестве филамента был использован Ultran – полимерный композиционный материал на основе смеси углеволокна и полиамида ПА-6, который является конструкционным и обладает хорошими прочностными и антифрикционными свойствами (табл. 2). Оригинальная деталь и изготовленная основа муфты представлены на рисунке 2.

**Таблица 2 – Модель филамента и плотность заполнения**

| Показатели                        | Ultran    |
|-----------------------------------|-----------|
| Заполнение, %                     | 100       |
| Время работы детали на жатке, м/ч | более 200 |
| Скорость печати, мм/с             | 30        |



**Рисунок 2 – Изготовленная основа муфты (слева)  
и оригинальная деталь (справа)**

После проведения монтажа латунных втулок деталь была установлена на жатку и введена в эксплуатацию.

**Заключение.** Таким образом, установлена и экспериментально подтверждена способность изготовления высоконагруженных элементов методом 3D-печати, что позволяет не только получить значительную экономическую выгоду, доказать комплексную эффективность предлагаемого способа для агропромышленного производства, но и обосновать направления дальнейших исследований для более масштабного использования метода в ответственных системах сельскохозяйственной техники и оборудования.

### **Список источников**

1. Афошин А. А. Влияние скорости на геометрические размеры изделий при 3D-печати по FDM-технологии // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. 2019. № 15. С. 113–118.
2. Дорохов А. С., Свиридов А. С. Применение аддитивных технологий при техническом сервисе садовой техники // Агроинженерия. 2020. № 6. С. 39–44.
3. Акимов Н. А., Гончарова Ю. А., Ермолаева А. В. Реновация технических средств с использованием 3D-печати полимерных запасных частей // Студенческие исследования – производству : материалы 29-й студен. науч. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. С. 6–13.

### **References**

1. Afoshin A. A. The effect of speed on the geometric dimensions of products in 3D printing using FDM technology. *Sbornik nauchnykh trudov Donbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2019;15:113–118 (in Russ.).
2. Dorokhov A. S., Sviridov A. S. Application of additive technologies in the technical service of garden equipment. *Agroinzheneriya*, 2020;6:39–44 (in Russ.).
3. Akimov N. A., Goncharova Yu. A., Ermolaeva A. V. Renovation of technical means using 3D printing of polymer spare parts. *Proceedings from Student Research – Production: 29-aya Studencheskaya nauchnaya konferentsiya*. (PP. 6–13), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2022 (in Russ.).

© Акимов Н. А., Кузнецов Е. Е., 2024

Статья поступила в редакцию 30.03.2024; одобрена после рецензирования 12.05.2024; принята к публикации 07.06.2024.

The article was submitted 30.03.2024; approved after reviewing 12.05.2024; accepted for publication 07.06.2024.