

УДК 004.925.8: 621.77

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ НА ПРИМЕРЕ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА

Андрей Алексеевич Хохлов¹

студент

garlic142@gmail.com

Андрей Александрович Земляной^{1,2}

кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник

1zemlyanoy1@mail.ru

Борис Сергеевич Мишин¹

кандидат технических наук, доцент

boris.sergeewitch@yandex.ru

¹Мичуринский государственный аграрный университет

²Федеральный Научный Центр имени И.В. Мичурина

Мичуринск, Россия

Аннотация. В данной статье рассматривается применение аддитивных технологий в экспериментальном производстве сельскохозяйственной техники на примере изготовленного опытного образца высевающего аппарата сеялки точного высева.

Ключевые слова: 3D принтер, опытно-конструкторская работа экспериментальное производство, деталь, узлы, сельскохозяйственная техника, аддитивные технологии.

Основная цель опытно-конструкторских работ (ОКР) – разработка и изготовление нового продукта, изделия.

Проблема при экспериментальном изготовлении образцов техники заключается в необходимости изготовления сложных функциональных деталей и узлов. Особенностью данного направления считается необходимость изготовления опытных образцов в единичном экземпляре. Зачастую при экспериментальном производстве из-за недоступности существующих технологий изготовления деталей из различных материалов приходится изготавливать детали из металла или других материалов с использованием механической обработки на станках. Другим важным аспектом является отсутствие или нехватка кадров в сфере экспериментального производства техники, что зачастую становится проблемой так, как приходится проектировать и изготавливать детали с привлечением сторонних организаций, что является весьма затратным.

Считается, что аддитивные технологии - это перспектива промышленного производства. С развитием технологий изготовления сложных деталей из различных материалов методом послойного наложения материала при создании детали является доступным методом изготовления. Сферы использования аддитивных технологий постепенно расширяются и находят новое применение. Возможности 3D печати с появлением новых материалов становятся безграничными. Именно поэтому современное экспериментальное производство должно использовать аддитивные технологии, как наиболее предпочтительный метод изготовления деталей для экспериментального производства [1, 4].

Аддитивные технологии, позволяют значительно сократить ресурсы и время для реализации экспериментальных идей при разработке новых машин, особенно в сельском хозяйстве, когда сложно найти инвестора для реализации проекта. С развитием технологий 3D печати аддитивные технологии стали более доступными, а соответственно освоение этой технологии открывает неограниченные возможности для конструкторских разработок [1].

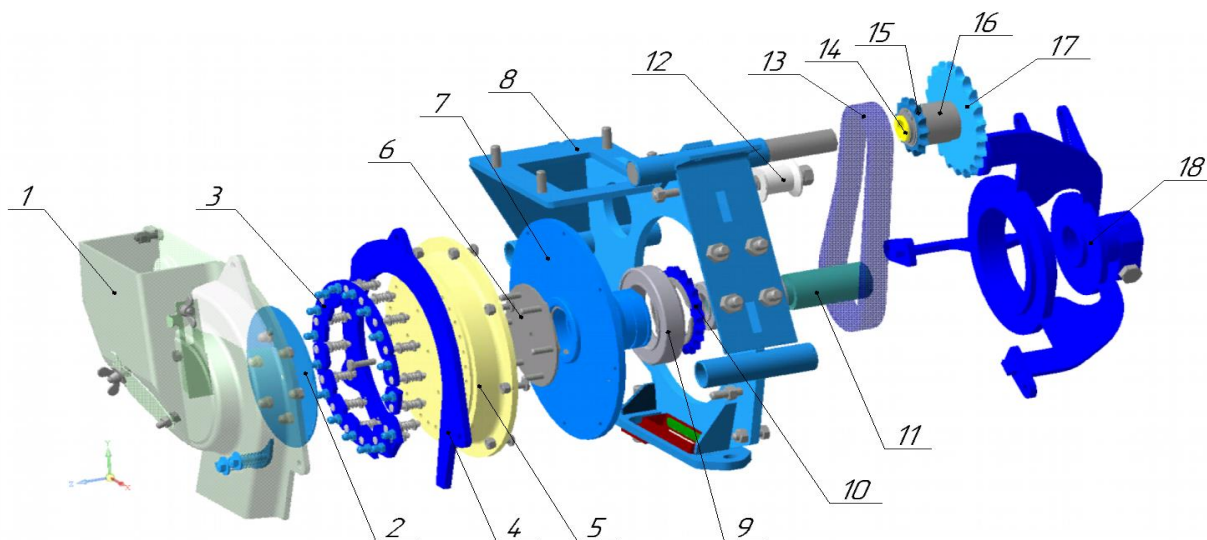
Преимущества применения аддитивных технологий для реализации опытно-конструкторских проектов заключаются в следующем [4]:

1. Изготовление экспериментальных деталей из пластика, при определении необходимых кинематических характеристик, выгоднее чем производство их из металла особенно при штучном изготовлении сложных деталей;

2. Физико-механические и прочностные характеристики некоторых видов материалов для 3D печати при соблюдении технологии и правильном проектировании могут не уступают металлам;

3. Использование аддитивных технологий позволяет изготовить точную копию оригинальных деталей с характеристиками не хуже, чем у оригинальных деталей, а иногда даже лучше.

Рассмотрим возможности применения технологии 3D печати при изготовлении экспериментального опытного образца вакуумно-барабанного высевающего аппарата сеялки точного высева для пропашных культур. На рисунке 1 представлена схема сборки экспериментального образца, спроектированного специалистами ИЦ «ИнТех» [2].



1 крышка семенной камеры; 2 заглушка; 3 ниппель в сборе; 4 проставка; 5 вакуумный барабан; 6 фиксатор; 7 задняя крышка барабана; 8 корпус; 9 подшипник; 10 приводная звезда; 11 вал; 12 натяжной ролик; 13 приводной ремень; 14 втулка; 15 звезда малая; 16 бочонок; 17 звезда большая; 18 кронштейн.

Рисунок 1 – 3D модель высевающего аппарата вакуумно-барабанного типа

Такие детали как: крышка 1, втулка 14, вакуумный барабан 5, проставка 4, бочонок 16, заглушка 2, ниппель в сборе 3 и т.д., выполнены из неметаллов, таких как полиамид 6, фторопласт Ф4, полипропилен и т.д., соответственно они могут быть изготовлены из пластика с применением аддитивных технологий. Отметим, что изготовленные детали из пластика на 3D принтере, способны выдерживать динамические нагрузки [3].

Материалами, используемые для различного рода 3D-печати могут быть пластики, металлические порошки, воски, гипсы, смолы и полимеры. За счёт своих динамических показателей и прочностных характеристик, такими как устойчивость на излом, изгиб, жесткость и твердость они находят широкое применение в сфере сельскохозяйственного машиностроения и изготовления функциональных деталей [7].

В зависимости от масштабов принтеры делятся на 4 категории [5, 6]:

1. Простые – принтеры с невысокой функциональностью, слабой производственной мощностью и сравнительно малыми габаритами. Т

2. Персональные - отличаются лучшим качеством печати и более высокой скоростью. Габариты таких принтеров больше и соответственно размеры и качество производимых деталей выше.

3. Профессиональные – эта категория отличается высокой производительностью с большим выбором функциональных особенностей.

4. Производственные - крупногабаритные комплексы с большим выбором функций и внушительной рабочей площадью. На них можно охватить разные технологии печати и работать с большим разнообразием материалов. Производственные принтеры используют при изготовлении высокоточных деталей разного назначения и размера. От микроскопических деталей до полноценных деталей.

Для сравнения были выбраны несколько популярных и функциональных 3D принтеров в разных ценовых категориях в зависимости от их назначения [5,6]. Основные технические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – анализ сравнения 3D принтеров

Тип принтера	Объем печати ДхВхШ (мм)	Мин. высота слоя	Скорость печати	Виды пластика	Стоимость, руб.
Creality Ender-3 S1	220x220x270	100 мкм	130 мм/сек	PLA, ABS, PETG, TPU	36000
FlyingBear Reborn 2	325x325x350	20 мкм	150 мм/сек	PLA, ABS, TPU, PVC, PETG, HIPS, PA, PEEK, PC	61000
Fusion3 F410	355 x 355 x 315	20 мкм	250 мм/с	PLA, ABS, PVA, PETG, нейлон (Nylon), TPU	450000
3D принтер CreatBot D600 PRO (D600pro)	600 x 600 x 600	50 мкм	120 мм/с	PLA, ABS, углеволокно (Carbon fibre), PETG, TPU	865 000

Проанализировав таблицу 1 приходим к выводу, что наиболее перспективными и менее затратными являются принтеры из категории персональные 3D принтеры стоимостью от 50-100 тыс. руб. Они обеспечивают достаточную точность печати и имеют необходимый набор функций, что наиболее актуально при экспериментальном изготовлении опытных образцов. У них достаточная большая рабочая поверхность, высокая точность и скорость печати, а также возможность работы почти со всеми известными видами пластика.

Пластик - один из самых востребованных расходных материалов для аддитивного производства. Ассортимент термопластиков и композитов, предназначенных для FDM-печати, исключительно разнообразен и позволяет выбрать, исходя из поставленных задач, наиболее подходящие по физико-механическим свойствам материалы [7].

Расходные материалы FDM-принтеров называются филаменты - пластики в виде нитей, намотанных на катушки.

FDM-технология лежит в основе не только домашних, но и профессиональных и промышленных 3D-принтеров, поэтому пластики активно используются на производстве, для изготовления прототипов и функциональных изделий в таких отраслях, как автомобилестроение, авиационная промышленность, бытовые товары, электроника, архитектура, медицина, наука и образование [1].

Преимущества пластика для 3D-печати:

1. Широкий спектр использования;
2. Вариативность цветовых гамм;
3. Легкость в использовании;
4. Податливость материала к обработке;
5. Цельнолитое создание крупногабаритных моделей;
6. Сравнительно низкая себестоимость.

Существует большое количество пластика для 3D принтеров проанализировав доступные литературные и интернет источники мы сформировали таблицу 2 в которой рассмотрели основные преимущества и недостатки существующих материалов для печати объёмных изделий [7].

Таблица 2 – Характеристики пластика для 3D принтеров

Характеристика пластика	PLA	ABS	PETG	PC	Nylon
Ударопрочность	65МПа	40 МПа	53 МПа	72 МПа	80 МПа
Жаростойкость	40°C	80°C	70°C	120°C	120°C
Морозостойкость	-20 °C	-40°C	-40°C	-30°C	-30°C
Чувствительность к ультрафиолету	Низкая устойчивость	Низкая устойчивость	Стойкость к ультрафиолету	Низкая устойчивость	Стойкость к ультрафиолету
Твердость (по Роквеллу)	R70-R90	R105-R110	R106	D82	R70-R90
Предел прочности	Высокая прочность, стойкость к ударным воздействиям	Высокая прочность	Высокая прочность	Высокая прочность и жесткость	Высокая прочность и износостойкость
Усадка при изготовлении изделий	0,2	До 0,8%	Нет	3%	1%

Самым прочным, износостойким с максимально низкой усадкой является Nylon и PC не смотря на сложности работы с ними, такие как поддержание температуры в зоне печати от 150-200 °C или предварительный нагрев пластика в процессе печати до 150 °C Nylon предпочтительнее для экспериментального изготовления опытных образцов в сельскохозяйственном машиностроении.

Тенденция развития 3D-технологий позволяет сокращать затраты и время на изготовление деталей и узлов машин. Рассматривая подробнее эту тему можно прийти к выводу, что 3D принтер один из перспективных инструментов для экспериментальных разработок, т.к. возможность создания тестируемых образцов практически безгранична. Можно воспроизводить детали узлов и машин при минимальных затратах труда и времени, а после проверять рабочую деталь на опытных образцах. На рисунке 2 показаны этапы развития технологий изготовления детали «Крышка семенной камеры» сеялки МС-8.

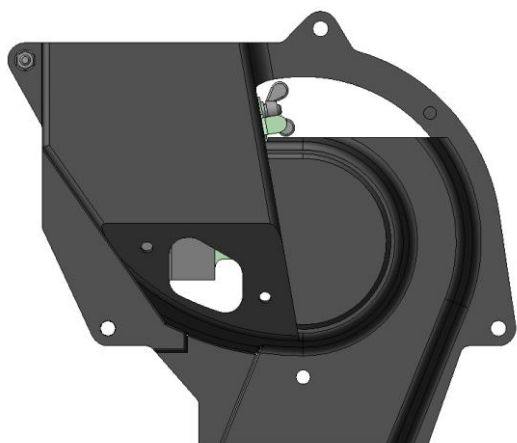
При проведении стендовых и полевых испытаний семенная крышка сохранила свою форму, размеры, и полностью выполнила свои функции. Следовательно, использование аддитивных технологии при изготовлении данной детали для штучного производства является целесообразным.



а) Крышка сеялки МС-8 из металла
2003 г.-2015 гг. (заводская)



б) Крышка Сеялки МС-8 из пластика
2015 г. по 2023 гг. (заводская)



в) 3D модель крышки сеялки eМС-8
2021 г.



г) Крышка eМС-8 3D печать
установленная на опытном образце

Рисунок 2 – Этапы изготовления крышки семенной камеры сеялки МС-8 с развитием технологий изготовления

Вывод: Исходя из проведенного анализа аддитивных технологий, а именно оборудования и материалов для 3D печати, оценки ситуации на рынке 3D принтеров, расходных материалов и возможностей применения аддитивных технологий в сельскохозяйственном машиностроении, можно смело говорить о том, что на сегодняшний день аддитивные технологии в виде 3D печати является перспективным направлением изготовления не металлических деталей и узлов, для установки на экспериментальных опытных образцах машин и агрегатов в рамках ОКР особенностью которого является штучное изготовление.

Список литературы:

1. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. СПб.: Издательство политехнического университета Санкт-Петербург. 2013. 222 с.
2. Результаты исследований высевающего аппарата сеялки точного высева МС-8 / Завражнов А.А., Завражнов А.И., Земляной А.А., Ланцев В.Ю., Мишин Б.С. // Сборник материалов национальной научно-практической конференции, с международным участием «Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем». Оренбург: ООО «Типография «Агентство Пресса». 2022 С 499-506.
3. Аддитивные технологии в производстве и ремонте машин / Толочко Н.К., Нукашев С.О., Романюк Н.Н., Мендалиева С.И. // Учебное пособие. Нур-Султан: КАТУ им. С. Сейфуллина. 2022. 184 с.
4. Федоренко В.Ф., Голубев И.Г. Перспективы применения аддитивных технологий при производстве и техническом сервисе сельскохозяйственной техники. 2-е изд. Москва: Издательство Юрайт. Москва: ФГБНУ Росинформагротех. 2019. 137 с.
5. Виды 3D принтеров и их классификация. URL: <https://idsmart.kz/blog/vidy-3d-printerov-i-ikh-klassifikatsiya/>

6. Лучшие крупноформатные 3D-принтеры 2020 года. URL: <https://cvetmir3d.ru/blog/poleznoe/luchshie-krupnoformatnye-3d-printery-2020-goda/>

7. Обзор основных материалов для 3D-печать. URL: <https://blog.iqb.ru/3d-printing-materials/>

УДК 004.925.8: 621.77

ADDITIVE TECHNOLOGIES IN EXPERIMENTAL PRODUCTION ON THE EXAMPLE OF A SEEDING MACHINE

Andrey A. Khokhlov¹

student

garlic142@gmail.com

Andrey A. Zemlyanoy^{1,2}

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, scientific employee

zemlyanoy1@mail.ru

Boris S. Mishin¹

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

boris.sergeewitch@yandex.ru

¹MichurinskState Agrarian University

²Federal research Center named after I. V. Michurin

Michurinsk, Russia

Annotation. This article discusses the application of additive technologies in the experimental production of agricultural machinery on the basis of a manufactured prototype of a seeding machine of a precision seeding drill.

Keywords: 3D printer, experimental design work, experimental production, parts, assemblies, agricultural machinery, additive technologies.

Статья поступила в редакцию 05.09.2023; одобрена после рецензирования 16.10.2023; принята к публикации 27.10.2023.

The article was submitted 05.09.2023; approved after reviewing 16.10.2023; accepted for publication 27.10.2023.