

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК / TECHNICAL SERVICE IN AGRICULTURE

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 678, 67.02

DOI: 10.26897/2687-1149-2020-6-39-44



ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ САДОВОЙ ТЕХНИКИ

ДОРОХОВ АЛЕКСЕЙ СЕМЕНОВИЧ, член-корр. РАН, д-р техн. наук

E-mail: dorokhov.vim@yandex.ru

СВИРИДОВ АЛЕКСЕЙ СЕРГЕЕВИЧ, младший научный сотрудник

E-mail: sviridov.vim@yandex.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5

Работа содержит анализ рынка садовой техники, а также сведения об отказах садовой техники на примере триммеров компании Husqvarna. Рассмотрена возможность применения аддитивных технологий для изготовления опор скольжения механических приводов садовой техники. В качестве технологии аддитивного производства для ремонта рассмотрен метод 3D-печати по технологии FDM (FFF). Согласно стандарту ASTM D638-14 подготовлены образцы на 3D-принтере «PICASO 3D Desingner X Pro». Образцы выполнялись из ABS-пластика и PA12 с различной степенью заполнения: 20, 50 и 100%. Испытания образцов проводились на разрывной машине Zwick/Roell Z100. Отмечено, что характер разрушения образцов, изготовленных из разных материалов, существенно различается. Образцы, изготовленные из ABS-пластика, являются более хрупкими по сравнению с образцами, выполненными из PA12. По итогам испытаний PA12 со 100%-ным заполнением показал наилучший результат, что позволяет рекомендовать его для использования при изготовлении опор скольжения методом 3D-печати.

Ключевые слова: садовая техника, полимерные материалы, ABS, PA12, 3D-печать, технология FDM, испытания на разрыв, опоры скольжения.

Формат цитирования: Дорохов А.С., Свиридов А.С. Применение аддитивных технологий при техническом сервисе садовой техники // Агроинженерия. 2020. № 6(100). С. 39-44. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-6-39-44.

APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE TECHNICAL SERVICE OF GARDEN EQUIPMENT

ALEKSEI S. DOROKHOV, DSc (Eng), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences

E-mail: dorokhov.vim@yandex.ru

ALEKSEI S. SVIRIDOV

E-mail: sviridov.vim@yandex.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutsky Proezd Str., Bld 5

The paper considers the analysis of the market for garden equipment. The authors consider some information on garden equipment failures, using an example of Husqvarna trimmers. They also assess a possibility of using additive technologies to manufacture sliding bearings for mechanical drives of garden equipment. For testing the physical and mechanical properties, a batch of samples was prepared by means of 3D printing using FDM (FFF) technology. According to the ASTM D638-14 standard, samples were prepared on a PICASO 3D Desingner X Pro 3D printer. Samples were made of ABS-plastic and PA12 with different degrees of filling: 20, 50 and 100%. It is noted that the destruction pattern of samples made of different materials is significantly different. Samples made from ABS plastics are more fragile than samples made from PA12. According to the test results, PA12 with 100% filling have shown the best results, which makes them suitable for use in the manufacture of slide bearings by means of 3D printing.

Key words: gardening equipment, polymer materials, ABS, PA12, 3D printing, FDM technology, tensile tests, slide bearings.

For citation: Dorokhov A.S., Sviridov A.S. Application of additive technologies in the technical service of garden equipment // Agricultural Engineering, 2020; 6 (100): 39-44. (In Rus.). DOI: 10.26897/2687-1149-2020-6-39-44.

Введение. Анализ рынка сбыта садовой техники показывает, что крупнейшими странами-потребителями являются Германия, США, КНР, Индия и др. (рис. 1). При этом отечественный рынок садовой техники характеризуется стремительным ростом. Годовой прирост приобретения такой техники составляет порядка 20...30%, из которых доля импорта достигает 85% [1].

Лидерами в данном сегменте международного рынка выступают такие компании, как Sturm, Gardena, Viking,

Efco, Husqvarna, Honda, DeWolt, Bosch, Huter и т.д. Всю большую популярность в России набирают китайские бренды: Ninghai, Jusen и др. Следует отметить, что продукция этих производителей при сравнительно низкой стоимости отличается малой доступностью сервиса в регионах и низким качеством исполнения. Отечественные производители садовой техники представлены такими торговыми марками, как Нева, Вепрь, Ока и т.д., выпускаемыми различными предприятиями, в том числе китайскими [2].

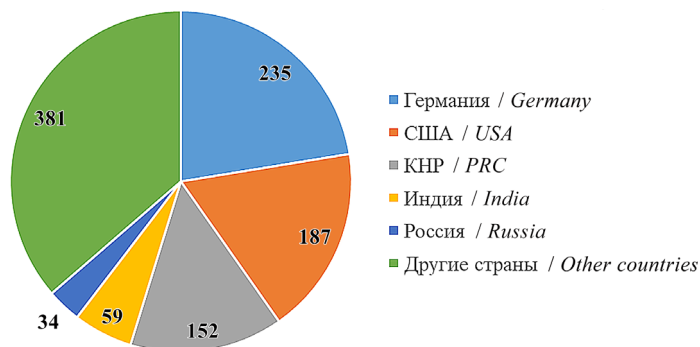


Рис. 1. Продажи садовой техники в мире, млн евро
Fig. 1. Sales of garden equipment in the world (million euros)

Благодаря постоянному расширению номенклатуры и сфер применения садовой техники, спрос на нее постоянно растет. По статистическим данным ведущих производителей, в 2021 г. спрос на садовую технику по сравнению с 2020 г. увеличится. Прогнозируемое увеличение спроса по видам техники представлено в таблице 1. При этом к наиболее серьезным проблемам эксплуатации садовой техники в России можно отнести малый охват

контроля качества, что ведет к увеличению ввоза поддельной продукции, а также недостаточное развитие системы технического сервиса в рассматриваемой отрасли.

По данным сервисного подразделения Husqvarna составлена диаграмма отказов садовой техники на примере триммеров [3]. Из рисунка 2 следует, что наибольшее число отказов приходится на опоры скольжения, сальники двигателя, стартер и топливную аппаратуру.

Таблица 1

Прогнозируемое увеличение спроса на 2021 г.

Table 1

Projected increase in demand for 2021

Вид техники / Type of equipment	Прирост, % / Gain percentage
Бензопилы / Chainsaws	6
Бензиновые триммеры (триммеры) и кусторезы / Petrol lawn mowers (trimmers) and cutters	12
Культиваторы / Cultivators	8

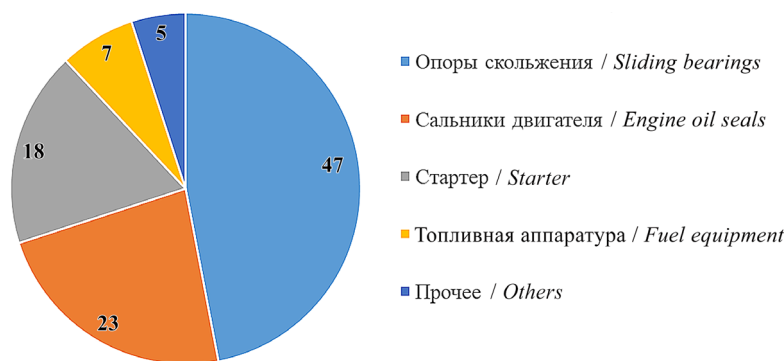


Рис. 2. Структура отказов триммера
Fig. 2. Causes of failures of a trimmer

Наиболее частой причиной отказов являются опоры скольжения, которые выполнены из полимерных, композиционных материалов или цветных сплавов [4, 5]. Замена опор скольжения требует времени на поиск и доставку запасной части, что особенно актуально для техники, выпущенной на территории стран Евросоюза и КНР. Вынужденные простои ведут к неоправданным затратам. Применение аддитивных технологий при ремонте такого типа техники является наиболее актуальным.

Цель исследования: оценить возможность применения аддитивных технологий для изготовления опор скольжения механических приводов садовой техники.

Материал и методы. В качестве технологии аддитивного производства для ремонта рассматриваем метод 3D-печати по технологии FDM (FFF) [6-8]. Принцип

изготовления трёхмерных объектов осуществляется за счёт нанесения последовательных слоев материала, повторяющих контуры цифровой модели. Как правило, в качестве материалов для печати выступают термопластики, поставляемые в виде катушек нитей разной толщины: от 1,75 до 2,85 мм.

В качестве испытаний на определение физико-механических характеристик рассматриваем прочность при растяжении. Для этого были подготовлены образцы определенной формы согласно стандарту ASTM D638-14 (рис. 3).

Образцы были изготовлены на 3D-принтере «PICA-SO 3D Desinger X Pro» с использованием параметров печати, представленных в таблице 2. В качестве полимерных материалов были выбраны ABS и PA12 [9].

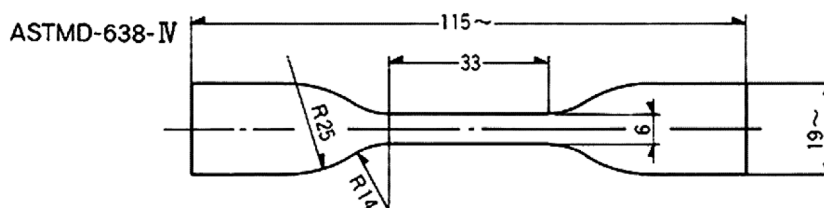


Рис. 3. Образец согласно стандарту ASTM D638-14, тип 4

Fig. 3. Sample according to ASTM D638-14 Type 4

Таблица 2

Параметры режимов печати образцов

Table 2

Parameters of sample printing modes

Параметры / Parameters	Значение / Value
Тип полимера / Type of polymer	ABS/PA12
Диаметр сопла экструдера / Diameter of the extruder nozzle	0,3 мм
Высота слоя / Layer height	0,25 мм
Ширина слоя / The width of the layer	0,36 мм
Коэффициент подачи / Feed rate	97
Температура экструдера / Extruder temperature	245/250°C
Температура стола / The temperature of the table	100/110°C
Скорость печати / Printing speed	60/40 мм/с

Образцы были спроектированы следующим образом:

- 1) один слой по всему периметру (низ, стенка, верх);
- 2) заполнение – октагоны;
- 3) укладка внутренних слоев под 45°, -45°;
- 4) различная степень заполнения (20%, 50% и 100%).

Испытания проводились на разрывной машине Zwick/Roell Z100. Данная машина позволяет испытывать на разрыв цилиндрические и плоские образцы (рис. 4). Она оборудована датчиком продольной деформации, который позволяет с высокой точностью измерять удлинение образца.

Для испытаний на разрыв было подготовлено 18 образцов, из которых 9 изготовлены из ABS-пластика с разным процентом заполнения (3 образца – 20%, 3 образца – 50% и 3 образца – 100%), аналогично и с PA12.

Расчет основных характеристик осуществлялся в соответствии с ASTM D638-14 «Стандартный метод определения механических свойств пластмасс при растяжении», автоматизированно, с помощью штатной программы сбора и обработки данных и с использованием навесного датчика деформации. Скорость испытания составила 5 мм/мин.



Рис. 4. Испытания на определение физико-механических свойств:
 а – электромеханическая разрывная машина Zwick/Roell Z100;
 б – образец, закрепленный в зажимах перед испытаниями

Fig. 4. Tests to determine physical and mechanical properties:
 а – Zwick/Roell Z100 Electromechanical tensile testing machine;
 б – specimen fixed before testing

Результаты и обсуждение. Механические свойства определяют поведение физического тела под действием приложенного к нему усилия. Численно это поведение оценивается прочностью и деформацией. Прочность характеризует сопротивляемость разрушению, а деформация – изменение

размеров полимерного тела, вызванное приложенной к нему нагрузкой. Прочность и деформация являются функцией одной независимой переменной – внешним усилием.

В таблице 3 обобщены экспериментальные величины предела прочности ABS и PA12.

Таблица 3

Прочность при растяжении

Table 2

Tensile strength

Образец Sample	Прочность при растяжении σ^M , МПа Tensile strength, σ^M , MPa	Толщина h, мм Thickness, h, mm	Ширина b, мм Width b, mm	Площадь A_0 , м ² Area A_0 , mm ²
1	10,1	4,1	5,95	24,40
2	10,4	4,1	6,02	24,68
3	10,3	4,04	6,11	24,68
4	21,1	4,14	5,97	24,72
5	21,4	4,14	5,97	24,72
6	21,7	4,06	6,17	25,05
7	37,2	4,25	6,03	25,63
8	36,5	4,3	6,18	26,57
9	37,2	4,25	6,1	25,93
10	9,02	3,8	5,8	22,04
11	8,84	4,02	5,87	23,60
12	9,20	3,98	5,89	23,44
13	20,2	3,9	6,25	24,38
14	21,1	3,92	5,87	23,11
15	21,3	3,9	5,97	23,28
16	30,0	3,87	6,15	23,80
17	26,8	3,91	6,69	26,16
18	30,2	3,87	6,01	23,26

Образцы 1, 2, 3 были выполнены из ABS-пластика с 20%-ным заполнением, среднее значение прочности на разрыв составило 10,3 МПа.

Образцы 4, 5, 6 были выполнены из ABS-пластика с 50%-ным заполнением, среднее значение прочности на разрыв составило 21,4 МПа.

Образцы 7, 8, 9 были выполнены из ABS-пластика со 100%-ным заполнением, среднее значение прочности на разрыв составило 36,9 МПа.

Аналогично были изготовлены и испытаны образцы из PA12 с разной степенью заполнения. Так, образцы 10, 11, 12 с 20%-ным заполнением имеют среднее значение прочности 9,02 МПа.

Образцы 13, 14, 15 были выполнены из PA12 с 50%-ным заполнением, среднее значение прочности на разрыв составило 20,8 МПа.

Образцы 16, 17, 18 были выполнены из PA12 со 100%-ным заполнением, среднее значение прочности на разрыв составило 29 МПа.

Отметим, что характер разрушения образцов, изготовленных из разных материалов, существенно различается. Образцы, изготовленные из ABS-пластика, являются более хрупкими, нежели образцы, выполненные из PA12. Это

свидетельствует о том, что предел текучести выше, и для полного разрушения образца из PA12 требуется в 5...6 раз больше времени, чем для образца из ABS-пластика.

Необходимо выявить некую зависимость между различным процентным заполнением. Для этого примем за 100% среднее значение предела прочности образцов из ABS-пластика под номерами 7, 8 и 9. Тогда при 50%-ном заполнении прочность снизится на 22%, а относительно 20%-го заполнения – на 62%.

Для PA12 показатели прочности от процента заполнения будут следующими. Так, 100% соответствует 29 МПа. Тогда при 50%-ном заполнении прочность снизится на 40%, а относительно 20%-го заполнения – на 74%.

Выводы

1. Применение аддитивных технологий является возможным при изготовлении опор скольжения механических приводов садовой техники.

2. По итогам испытаний PA12 со 100%-ным заполнением показал наилучший результат, что позволяет рекомендовать его для использования при изготовлении опор скольжения методом 3D-печати.

Библиографический список

1. Королькова А.П., Голубев И.Г. Анализ финансово-экономического состояния ведущих зарубежных компаний-производителей сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2019. № 3. С. 32-35. DOI: 10.33267/2072-9642-2019-3-32-35.
2. Баскаков И.В. Механизация садоводства: учебное пособие / И.В. Баскаков, А.П. Тарасенко, А.М. Гиевский и др. Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2011. 100 с.
3. Одинцов Д.М., Чуба А.Ю. Анализ поломок бензопил и бензокос на примере марок STIHL и HUSQVARNA // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: Сборник материалов ЛП Международной студенческой научно-практической конференции. 2019. С. 209-214.
4. Толоконников С.В. Исследование динамических свойств опор скольжения // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2006. № 41. С. 142-147.
5. Шадрин Н.В., Попов С.Н., Антоев К.П. и др. Исследование работоспособности полимерных материалов в условиях трения со льдом и снегом // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 107. С. 578-588.
6. Дроботов А.В., Мартынович И.В., Торубаров И.С. Применение FDM-технологии объемной печати для мелкосерийного производства изделий // Взаимодействие предприятий и вузов – наука, кадры, новые технологии: Сборник материалов конференции / Под ред. С.И. Благинина. 2018. С. 151-155.
7. Лопатина Ю.А. Применение 3D-печати методом FDM при ремонте машин и оборудования // Технический сервис машин. 2019. № 3 (136). С. 40-45.
8. Свиридов А.С., Тужилин С.П., Лопатина Ю.А. Использование цифровой 3D-фермы в ремонтном производстве

References

1. Korolkova A.P., Golubev I.G. Analysis of the financial and economic state of leading foreign companies-manufacturers of agricultural machinery. *Machinery and equipment for the village*, 2019; 3: 32-35.
2. Baskakov I.V., Tarasenko A.P., Gievsky A.M. et al. Mechanization of horticulture. Voronezh, 2011: 100.
3. Odintsovo D.M., Chuba A.Yu. Analysis of breakdowns of chainsaws and petrol pumps on the example of brands Shtil and Huskvarna. *In the collection: Actual issues of science and economy: new challenges and solutions. Collection of materials of the LIII international student scientific and practical conference*, 2019: 209-214.
4. Tolokonnikov S.V. Research of dynamic properties of sliding supports. *Bulletin of the Samara state technical University. Series: Technical Sciences*, 2006; 41: 142-147.
5. Shadrinov N.V., Popov S.N., Antoev K.P. et al. Investigation of the performance of polymer materials in the conditions of friction with ice and snow. *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban state agrarian University*, 2015; 107: 578-588.
6. Drobotov A.V., Martynovich I.V., Torubarov I.S. Application of FDM technology of volumetric printing for small-scale production of products. *In the collection: Interaction of enterprises and universities-science, personnel, new technologies. Proceedings of the conference*. Edited By S.I. Blaginina, 2018: 151-155.
7. Lopatina Yu.A. Application of 3D-F FDM in the repair of machinery and equipment. *Technical service of machines*, 2019; 3 (136): 40-45.
8. Sviridov A.S., Tuzhilin S.P., Lopatina Yu.A. Digital Use of 3D farms in the repair production of agricultural machinery. *Technical service of machines*, 2019; 1 (134): 93-99.
9. Fedulov V.M., Fedulova Yu.S., Kulik E.E. Influence of technological modes when using FDM printing technology on the surface quality of ABS and PLA plastic parts. *Bulletin*

сельскохозяйственной техники // Технический сервис машин. 2019. № 1 (134). С. 93-99.

9. Федулов В.М., Федулова Ю.С., Кулик Е.Е. Влияние технологических режимов при FDM-печати на качество поверхностей детали из ABS и PLA пластика // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П.А. Соловьева. 2017. № 4 (43). С. 162-167.

10. Zuev V.V., Shlikov A.V. Polyamide 12/Fullerene C60 composites: investigation on their mechanical and dielectric properties // Journal of Polymer Research. 2012. № 19 (8). P. 9925. DOI 10.1007/s10965-012-9925-2.

of the Rybinsk state aviation technological Academy named after P.A. Solovyov, 2017; 4 (43): 162-167.

10. Zuev V.V., Shlikov A.V. Polyamide composites 12/Fullerene C60: research of their mechanical and dielectric properties. *Journal of polymer research*, 2012; 19(8): 9925. DOI 10.1007/s10965-012-9925-2.

Критерии авторства

Дорохов А.С., Свиридов А.С. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели эксперимент. Дорохов А.С., Свиридов А.С. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 07.09.2020

Опубликована 25.12.2020

Contribution

A.S. Dorokhov, A.S. Sviridov carried out theoretical studies and conducted the experiment based on the obtained theoretical results. A.S. Dorokhov, A.S. Sviridov have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on September 7, 2020

Published 25.12.2020

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК / TECHNICAL SERVICE IN AGRICULTURE

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 631.164.22

DOI: 10.26897/2687-1149-2020-6-44-49



ПРИМЕНЕНИЕ ДИАГРАММЫ ПАРЕТО ДЛЯ ОЦЕНКИ ВНУТРЕННИХ ПОТЕРЬ ПРИ РЕМОНТЕ ДВИГАТЕЛЕЙ

ТЕМАСОВА ГАЛИНА НИКОЛАЕВНА, канд. экон. наук, доцент

E-mail: temasova@rgau-msha.ru

ВЕРГАЗОВА ЮЛИЯ ГЕННАДЬЕВНА, канд. техн. наук, доцент

E-mail: vergazova@rgau-msha.ru

ЛЕОНОВ ДМИТРИЙ ОЛЕГОВИЧ

E-mail: vergazova@rgau-msha.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

В ремонтном производстве при восстановлении работоспособности машин и оборудования путем устранения отказов и восстановления израсходованного ресурса возможно появление несоответствий, приводящих к внутренним потерям, обнаруживаемым на этапе испытаний отремонтированной техники, оборудования, агрегатов. При оценке внутренних потерь от брака в ремонтном производстве целесообразно применять диаграмму Парето, позволяющую наглядно увидеть основные проблемы и на основании этого выявить причины возникновения несоответствий, разработать мероприятия по снижению риска их возникновения в дальнейшем. Авторы рекомендуют применять два вида диаграммы Парето: по количеству дефектов и по стоимости несоответствия. В результате оценки внутренних потерь от брака при испытаниях отремонтированных двигателей КАМАЗ 6522 с помощью диаграммы Парето выявлена необходимость в устранении причины возникновения несоответствий режима подачи масла к подшипникам коромысел клапанов, негерметичности уплотнений форсунок в головках цилиндров и несоответствия давления масла в системе смазки.

Ключевые слова: внутренние потери, оценка потерь от брака, инструмент контроля качества, диаграмма Парето, брак при испытаниях двигателей, экономическая оценка потерь от брака.