

Нетрадиционная триботехника актуальна практически во всех отраслях промышленности, особенно в АПК, в связи со значительной выработкой ресурса МТП, другого оборудования и недостатком средств на полную или частичную их замену. Но в тоже время, когда обработаны миллионы агрегатов, машин и оборудования, разработчики направления, проведя сотни исследований, из-за недоверия и инфантильности все еще вынуждены доказывать высокую эффективность РВС-технологии.

#### **Список использованных источников**

1. Дунаев, А.В., Нетрадиционная триботехника для повышения ресурса автотракторной техники. Итоги 25-летнего развития / А.В. Дунаев, Е.М. Филиппова. – М.: ГОСНИТИ, 2017. – 252 с.
2. Миклуш, В.П. Обоснование применения минеральных трибосоставов для проведения безразборного ремонта / В.П. Миклуш, В.Е. Тарасенко, А.В. Дунаев. // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2017. – №7. – С. 43–51.
3. Управление надежностью сельскохозяйственной техники методами диагностики и триботехники [Текст] / В.П. Миклуш [и др.] ; Минсельхозпрод РБ, УО «БГАТУ». – Минск : БГАТУ, 2019. – 392 с.

УДК 621.77.04

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Студенты – Груша А.А., 15 нп, 2 курс, АМФ;  
Копчик Д.И., 13 мпт, 1 курс, АМФ;  
Марханова В.В., 23 мо, 2 курс, ФТС*

*Научные  
руководители – Толочко Н.К., д.ф.-м.н., профессор;  
Авраменко П.В., к.т.н., доцент  
УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Рассмотрены особенности проектирования изделий сложных конструктивных форм, реализация которых обеспечивается благодаря уникальным возможностям аддитивных технологий, используемых для их изготовления.

**Ключевые слова:** проектирование, деталь, конструкция, аддитивная технология.

Аддитивные технологии (АТ) – это обобщенное название технологий изготовления трехмерных (3D) изделий по их компьютерным моделям пу-

тем последовательного (последовательного) добавления (наращивания) материала. Свое название (в буквальном переводе с английского – «добавляющие») они получили от английского слова «add» (добавлять) – в противоположность традиционным «вычитающим» технологиям, предусматривающим достижение требуемой формы изделия путем удаления («вычитания») материала с заготовки в результате ее механической, электроэрозионной и др. обработки. Иначе АТ называют технологиями 3D-печати.

АТ позволяют изготавливать изделия сложных конструктивных форм – таких, которые трудно или невозможно обеспечить с помощью традиционных технологий. Соответственно, благодаря использованию АТ создаются предпосылки для существенного увеличения числа степеней свободы в проектировании изделий, в частности, становится возможным применять различные методы проектирования, позволяющие максимально адаптировать конструкцию и, следовательно, функциональные свойства изделий под конкретные запросы потребителей.

АТ с каждым годом находят все большее применение в машиностроении. Ниже рассмотрены основные подходы к проектированию деталей машин, реализация которых становится возможной при изготовлении проектируемых деталей с использованием АТ [1, 2].

1. Топологическая оптимизация – внесение изменений в конструкцию детали путем объемного перераспределения плотности материала, создания новых и/или удаления существующих конструктивных элементов с целью оптимизации детали по критерию минимизации массы при сохранении предъявляемых прочностных требований. В результате топологической оптимизации деталь приобретает, как правило, каркасные (скелетные) формы, при этом в конструкции детали сохраняются только те части, которые несут механическую нагрузку, т.е. обеспечивают работоспособность детали, в то время как лишние части удаляются. Также в результате топологической оптимизации внутренняя монолитная структура детали может быть преобразована в дискретную структуру (решетчатую, ячеистую) при сохранении внешней формы (наружных поверхностей) детали.

2. Бионический дизайн – внесение изменений в конструкцию детали с целью улучшения ее функциональных свойств путем придания ей конструктивных признаков (внешней формы, внутреннего строения, морфологии поверхности), подобных тем, которые имеются у объектов живой природы.

3. Внесение изменений в конструкцию сборочной единицы путем объединения ее отдельных составных частей в единое целое, в результате чего сборочная единица преобразуется в цельную деталь. Благодаря такому подходу к проектированию существенно упрощается не только конструкция изделия (за счет исключения образующих его составных частей), но и процесс его изготовления (за счет исключения операций сборки).

4. Создание в объеме детали сложных по форме полостей, в т.ч. конформных полостей, а также различных каналов (лабиринтных, спиральных, разветвленных, с переменным сечением).

Использование АТ для изготовления деталей машин позволяет значительно повысить эффективность методов проектирования. Так, топологическая оптимизация обеспечивает снижение массы детали на 30–40% без снижения ее прочности, если деталь изготавливается с помощью традиционных технологий, и на 50–70%, если деталь изготавливается с помощью аддитивных технологий [3].

Особый подход к проектированию изделий основан на использовании техники быстрого прототипирования, т.е. получения функциональных прототипов проектируемых изделий с помощью АТ в максимально короткие сроки. Этот подход применяют обычно на начальной стадии проектирования для воспроизведения геометрического образа изделия при проведении предварительных проектных исследований, испытаний, проверок функциональности и др.

Эффективность методов проектирования зависит от особенностей реализации различных видов используемых АТ. Подавляющее большинство деталей машин являются металлическими, поэтому особый практический интерес представляют такие АТ, которые позволяют непосредственно изготавливать детали из металла. Соответственно, в них используются расходные металлические материалы в порошковом, проволочном или листовом виде. Построение деталей по таким технологиям ведется разными путями, в том числе: селективным лазерным или электроннолучевым сплавлением послойно наносимого порошка; селективной лазерной, электроннолучевой, плазменной или электродуговой наплавкой порошка или проволоки, подаваемых к месту построения; пакетированием лазерных листовых выкроек и их соединением между собой механическим креплением, клеем, пайкой или сваркой. Каждый вид АТ имеет свои особенности, связанные со свойствами расходных материалов и условиями осуществления процесса аддитивного построения. Эти особенности могут откладывать определенный отпечаток на характер проектирования деталей, расширяя либо, наоборот, ограничивая возможности внесения изменений в их конструкцию.

#### **Список использованных источников**

1. Зленко, М.А. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с.
2. ГОСТ Р 57911-2017. Изделия, полученные методом аддитивных технологических процессов. Термины и определения.
3. Свиридов А.С., Краснящих К.А. Топологическая оптимизация деталей сельскохозяйственной техники // Технический сервис машин. 2019. №3. С. 68–72.