

УДК 631.354

## К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

А. И. Козлов<sup>1</sup>, С. Н. Бобрышева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,  
г. Гомель, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»,  
г. Гомель, Республика Беларусь

**Аннотация.** В статье рассматривается возможность применения полимерных материалов повышенной пожаробезопасности в сельскохозяйственном машиностроении. Представлена оптимизированная модель ступеньки трапа самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-10К, выполненная из ABS-пластика, наполненного антипиренами. Прототип создан при помощи FDM-печати.

**Введение.** Машиностроительная отрасль Беларуси ориентирована сегодня на рост производительности, экономичности и надежности выпускаемой техники, на снижение массы на единицу мощности, а также повышение точности изготовления продукции. Предприятия страны выпускают изделия с высокими эксплуатационными качествами при минимальных затратах общественного труда.

На современном этапе развития сельскохозяйственного машиностроения актуальной является задача разработки и выпуска машин, позволяющих обеспечить максимальное сбережение сырьевых, топливных и энергетических ресурсов. С этой целью способы производства конструктивных элементов сельскохозяйственной техники подвергаются оптимизации. Последняя может заключаться в замене исходного металлического материала на альтернативный, например пластик, что позволяет, в свою очередь, сэкономить большую массу сырья. Оптимизации также подвергаются и сами конструкции деталей, например в случае, когда необходимо иметь способность к быстрому демонтажу, который невозможен в исходной версии. В этой связи возрастает значимость материаловедения как фундаментальной базы для оптимизации процесса производства машин.

Материаловедение в сельскохозяйственном машиностроении играет одну из ключевых ролей, в том числе и потому, что на сегодняшний день остро стоит вопрос о пожаробезопасности элементов технических конструкций. Создание и внедрение в производство композитных пластиковых материалов, наполненных антипиренами, способно решить

данную проблему. Важно, что подобные материалы и наполнители достаточно изучены и уже нашли свое применение в большинстве сфер производства и жизнедеятельности человека.

Для решения задач по разработке новых альтернативных материалов, оптимизации технологических процессов и конструктивных элементов современное материаловедение берет на вооружение новейшие методы и технологии, а именно трехмерное моделирование и анализ, а также аддитивные технологии. Одним из предприятий страны, активно применяющим вышеназванные технологии, является ОАО «Гомсельмаш» (г. Гомель). В состав структуры предприятия входит большое количество отделов, отвечающих за прочностные расчеты, визуализацию, подбор материалов и оптимизацию деталей, сборок, различных ходовых систем посредством 3D-технологий.

**Предмет исследования:** возможность применения изучаемых материалов в машиностроении (в частности, в комбайностроении).

**Объект исследования:** полимерные материалы повышенной пожаробезопасности и элементы конструкции трапа.

**Цель исследования:** изучение возможности применения полимерных материалов повышенной пожаробезопасности, перерабатываемых по 3D-технологии, для конструкции элементов трапа самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-10К, выпускаемого заводом «Гомсельмаш». Объектом исследования явились полимерные материалы повышенной пожаробезопасности и элементы конструкции трапа; предметом – возможность применения изучаемых материалов в машиностроении (в частности, в комбайностроении).

**Методология исследования.** В ходе исследования выполнен анализ существующих аддитивных технологий, а также полимеров, способных послужить альтернативной заменой металлическим материалам, традиционно используемым в машиностроительном производстве. В качестве подходящей технологии печати выбрана FDM (FFF) по ряду причин: большой спектр используемых материалов, высокая скорость печати, возможность дополнительной обработки моделей (шлифование, рассверливание, нарезание резьбы и пр.), прочность и надежность получаемых деталей и др. [1, с. 32–35]. Альтернативой основному металлическому материалу детали проекта послужил ABS-пластик как обладающий соответствующими эксплуатационными характеристиками: устойчивость к неблагоприятным воздействиям, конструкционная жесткость, способность выдерживать высокие температуры, усталостная прочность, высокое сопротивление ударным нагрузкам [2, с. 524]. Вопрос повышения огнеупорности ABS-пластика решается путем его наполнения антипиренами (например, добавками с полимерной матрицей, в частности поликарбонатом (ПК-12) и полиамидом (АП-12)) – веществами, предохраняющими материалы органического

происхождения от воспламенения и возгорания. Термопластики (ABS-пластик в их числе), модифицированные антипиренами, приобретают такие характеристики, как повышенная прочность, критическая точка нагрева и пожаробезопасность [3, с. 91].

**Результаты исследования.** Прочностные и экономические расчеты, выполненные при помощи программного пакета «Ansys WorkBench 2023 R2», свидетельствуют о том, что производственная реализация альтернативной конструкции ступеньки трапа из композитного ABS-пластика, наполненного антипиренами, для зерноуборочного комбайна КЗС-10К является вполне возможной и экономически оправданной. Благодаря использованию пластикового материала вместо металла появляется возможность экономии металлической массы на производстве: масса оригинальной металлической ступени из конструкционной стали марки 30 составляет 1,9 кг, в то время как оптимизированная модель имеет массу 1,3 кг. Таким образом, выполненная оптимизация позволяет сэкономить от 950 до 1000 кг металлической массы на партию выпускаемой продукции, что на текущий момент эквивалентно 47000 белорусских рублей. При этом, проект не вызывает появления дополнительных опасных и вредных производственных факторов в соответствии с требованиями охраны труда.

По сравнению с исходной литой конструкцией оптимизированная модель пластиковой ступеньки трапа (рис. 1) подверглась существенным изменениям: увеличены толщина и высота стенок, а также толщина и высота ребер жесткости; сокращены размеры отверстий, а их форма изменена на окружность; добавлены отверстия под крепления для болтов, что открывает возможность быстрого демонтажа и замены ступеньки в случае поломки. При этом, несмотря на внешний массивный вид, габаритные размеры детали остались прежними.

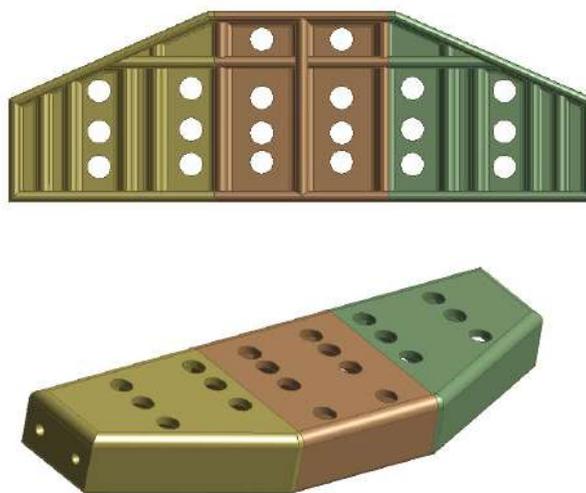


Рис. 1 – Оптимизированная конструкция ступеньки трапа

**Выводы.** В заключение отметим, что выполненное в рамках настоящего исследования изучение механических, технологических и эксплуатационных свойств альтернативных материалов свидетельствует об экономической и технологической целесообразности их использования для изготовления конструктивных элементов сельскохозяйственной техники и, в целом, открывает широкие перспективы оптимизации машиностроительной отрасли при помощи аддитивных технологий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горьков Д. Е. 3D-печать с нуля / Д. Е. Горьков, В. А. Холмогоров. – СПб. : БХВ-Петербург, 2020. – 256 с.
2. Реологические и механические свойства АБС-пластиков, полученных полимеризацией в массе / В. Е. Древаль [и др.] // Высокомолекулярные соединения. Серия А, Реология. – 2006. – Т. 48, № 3. – С. 524–533.
3. Козлов А. И. Пожаробезопасность термопластических материалов / А. И. Козлов, С. Н. Бобрышева (науч. рук.) // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XX междунар. науч.–техн. конф. студентов, магистрантов и молодых ученых, Гомель, 23–24 апр. 2020 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под. общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. – С. 89–91.