

Важно отслеживать местоположение крупного рогатого скота. Датчики местоположения и GPS-сопровождение помогают в этом. Дроны же пока не доказали свою эффективность, но они могут находить потерявшихся животных [5].

С использованием данных о поголовье скота и продукции животноводства можно более точно составлять планы развития фермы. Это максимизирует прибыль и снижает нагрузку на животных. Автоматические доильные машины, к примеру, используют индивидуальный подход к каждой корове. Это приводит к увеличению надоев в среднем до 10% и увеличивает продолжительность жизни животных [6].

Как показал анализ, на сегодняшний день, сельское хозяйство имеет все необходимые инструменты для успешного развития. При этом современные технологии, такие как искусственный интеллект, робототехника и др. смогут сыграть важнейшую роль в достижении более высокого качества, производительности и эффективности в сельском хозяйстве.

Список используемых источников:

1. Вараев У. С. Проблемы развития сельского хозяйства в России в период санкций // Молодой ученый. – 2016. – №16. – С. 147-149. – URL <https://moluch.ru/archive/120/33210/>.
2. Анищенко А. Н. " умное" сельское хозяйство как перспективный вектор роста аграрного сектора экономики россии //Продовольственная политика и безопасность. – 2019. – Т. 6. – №. 2.
3. Блохин В.Н. Концепция «умного» сельского хозяйства – основа для перехода к устойчивому развитию сельских территорий // I международная научно-практическая конференция «Цифровизация агропромышленного комплекса»: Сборник научных статей. Тамбов, 2018.
4. Завражнов А.А., Завражнов А.И., Ланцев В.Ю., Муромцев Д.Ю., Елизаров И.А. Концепция «умного» сельского хозяйства на примере отрасли промышленного садоводства // I международная научно-практическая конференция «Цифровизация агропромышленного комплекса»: Сборник научных статей. – Тамбов, 2018.
5. Рюмкин С.В., Малыгина И.Н. К вопросу об «умном» сельском хозяйстве: состояние, проблемы и перспективы развития // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана, Беларуси и Болгарии: Сборник научных докладов XX Международной научно-практической конференции, 2017.
6. Сюсюра Д.А. Агротехнопарк как институциональная основа реализации концепции «умного» сельского хозяйства // I международная научно-практическая конференция «Цифровизация агропромышленного комплекса»: Сборник научных статей. – Тамбов, 2018.

### ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ВКЛАДЫША ОСНОВАНИЯ СЕКЦИИ КРЕПИ

*Т.С. Хвостенко, К.А. Боровикова, студенты группы 10760,  
научный руководитель: Воробьев А.В., к.т.н, доцент ЮТИ ТПУ  
Юргинский технологический институт (филиал)*

*Национального исследовательского Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская область, г. Юрга, Россия*

*E-mail: tasya\_1715@mail.ru*

**Аннотация:** В статье рассмотрена краткая характеристика топологической оптимизации, виды программных продуктов топологического проектирования и приведен пример топологической оптимизации конструкции вкладыша основания секции крепи.

**Ключевые слова:** топологическая оптимизация, геометрическая модель, рабочие нагрузки, крепления.

Топологическая оптимизация – это процесс, позволяющий создавать и оптимизировать деталь, в соответствии с заданными рамками массы и прочности. В основном на первом этапе подготавливается модель – заготовка, из которой в дальнейшем удаляется лишний материал. Результатом топологической оптимизации является сложная структура, на основе которой формируется модель детали для производства. Такая деталь обладает требуемой прочностью при минимальной массе, но как правило сложна в изготовлении традиционными способами [1].

В настоящее время зачастую нет установившейся терминологии для данного процесса, поэтому могут использоваться различные названия: generative design – генеративный дизайн; синтез форм; биологический дизайн; порождающее проектирование; топологическая оптимизация.

На рынке фигурирует большое количество программных продуктов, благодаря которым можно производить топологическую оптимизацию конструкций. Эту функциональность предоставляют пакеты, производящие моделировать напряженно-деформированное состояние конструкций и выполнять прочностные расчеты.

Более сложные комплекты, применяемые для проектирования и расчетов в машиностроении:

Siemens NX.NX - универсальная комплексная система для проектирования, инженерных расчетов и подготовки управляющего кода для станков с ЧПУ - CAD, CAE и CAM.

- Siemens SolidEdge. SolidEdge – CAD-система твердотельного и поверхностного моделирования, прежде всего предназначенная для работы с деталями и сборками, но обладающая встроенным модулем инженерного анализа.
- CATIA 3DEXPERIENCE. Платформа 3DEXPERIENCE, по состоянию на начало 2018 года, состоит из 104 модулей, которые называются ролями. Это решения для различных задач проектирования, управления процессом разработки, симуляции, визуализации.
- SOLIDWORKS. Оптимизация топологии была добавлена в SOLIDWORKS 2018. Она доступна в модуле SOLIDWORKS Simulation редакций Professional и Premium.
- AutodeskFusion 360. Облачная платформа для проектирования, инженерных расчетов и подготовки к производству на станках с ЧПУ - CAD/CAE/CAM.
- ANSYS Mechanical. Основные функции этого программного обеспечения: статический расчет, динамический анализ, тепловой расчет, акустический расчет. ANSYS Mechanical позволяет моделировать деформацию конструкций под нагрузкой, рассчитывать влияние вибраций и возникновение резонансов.
- Более доступное и простое программное обеспечение:
- solidThinkingInspire. В сравнении, например, с AnsysMechanical - это более дружелюбное ПО, рассчитанное на решение нескольких узких задач – моделирования взаимодействия деталей в сборках, простого эскизного проектирования, топологической оптимизации.
- Autodesk Netfabb Ultimate. Эта программа известна многим пользователям 3D-принтеров, как удобное средство «ремонта» сетки и разделения модели на части. [2]

В качестве примера была проведена топологическая оптимизация конструкции вкладыша основания секции крепи. Вкладыш предназначен для восстановления работоспособности линейной секции крепи в случае разрушения отливки основания.

Известны конструкции сварного и литого вкладыша основания (рис 1 а, б)

Приведенные конструкции обладают рядом как преимуществ, так и недостатков. Например, сварная конструкция проста в изготовлении и может производиться в условиях ремонтного механического участка шахты. Недостатком является низкая прочность и необходимость снижения эксплуатационных нагрузок. Литая конструкция обладает существенно более высокой прочностью, но её изготовление возможно только в условиях крупных предприятий.

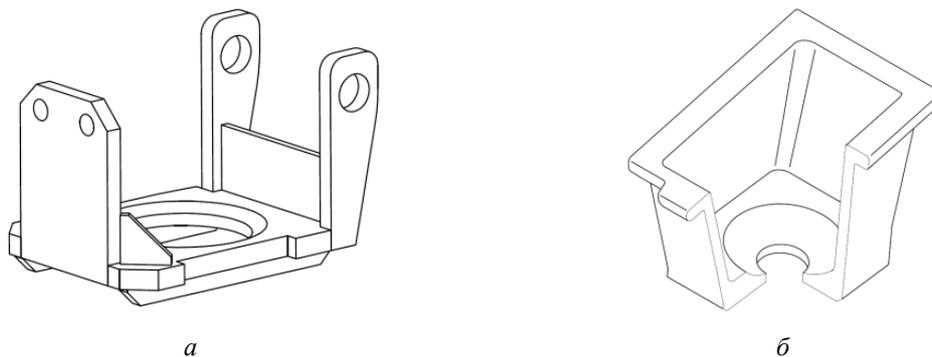


Рис. 1. Базовые конструкции сварного (а) и литого (б) вкладыша

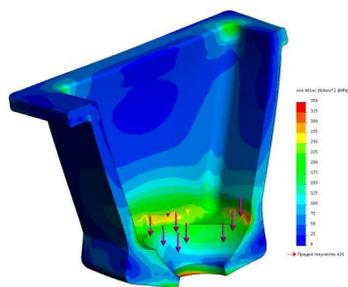


Рис. 2. Расчет на прочность базовой конструкции литого вкладыша

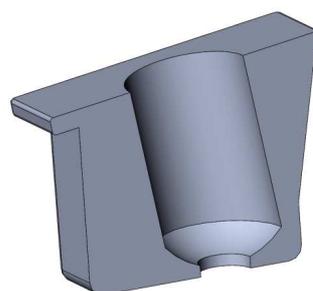


Рис. 3. Геометрическая область, доступная для оптимизации

За основу для оптимизации была принята конструкция литого вкладыша. Перед оптимизацией конструкции был проведен предварительный расчет на прочность по методу конечных элементов в системе SolidWorks Simulation. В качестве нагрузки прикладывалось усилие, создаваемое гидростойкой секции крепи. Усилие направлено под углом  $81^\circ$  к горизонтальной плоскости и равно 3617 кН. Расчет показал (рис. 2), что имеется существенный избыточный запас прочности, следовательно, данная конструкция может быть оптимизирована.

Оптимизация проводилась в системе Altair 2019 Student Edition. Создавалась геометрическая модель пространства, доступного для размещения материала (рис. 3).

Из области оптимизации исключались зоны, форма которых не должна изменяться в ходе решения (области сопряжения вкладыша с основанием и гидростойкой). Задавались свойства материала, прикладывались рабочие нагрузки и крепления, аналогичные принятым при расчете на прочность (рис. 2). В ходе оптимизации также учитывалось условие сохранения симметрии конструкции относительно вертикальной плоскости. При расчете указывался целевой коэффициент запаса прочности, которому должна соответствовать проектируемая форма изделия. Результаты оптимизации представлены на рис. 4.



Рис. 4. Оптимизированная конструкция вкладыша

Полученная в результате оптимизации конструкция имеет сложную геометрическую форму, получение которой традиционными технологическими процессами затруднено. Поэтому необходима её отработка на технологичность и приведение к упрощенной геометрической форме, ориентированной на изготовление методами, доступными в условиях ремонтных механических участков шахты или завода – изготовителя секции крепи.

В заключения можно отметить, что топологическая оптимизация является полезным и перспективным инструментом, позволяющим получить наилучшее распределение материала в заданном объеме с учетом указанных ограничений максимальных напряжений, перемещений или собственных частот колебаний. В рассмотренном примере топологическая оптимизация модифицирует форму модели, сохраняя ту часть изделия, которая воспринимает рабочие нагрузки, минимизируя массу изделия.

Список использованных источников:

1. Топологическая оптимизация. Зачем она нужна? //URL: <https://www.ansys.soften.com.ua/about-ansys/blog/362-topological-optimization-what-is-it-for.html>
2. Обзор софта для топологической оптимизации и бионического дизайна //URL: <https://3dtdoday.ru/blogs/top3dshop/obzor-softa-dlya-topologicheskoy-optimizatsii-i-bionicheskogo-dizayna/>
3. Обзор софта для топологической оптимизации и бионического дизайна. //URL: <https://habr.com/ru/company/top3dshop/blog/411999/>