

Научная статья
УДК 631.3

МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Владислав Олегович Цубикс¹, Анастасия Александровна Соболева²,
Павел Геннадьевич Колесников³, Сергей Николаевич Долматов⁴**

^{1,2,3} Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева, Российская Федерация

¹ vczubiks@mail.ru

² mfsibgtu@mail.ru

³ mfsibgtu@mail.ru

⁴ pipinaskus@mail.ru

Аннотация. Современное сельское хозяйство подразумевает использование специализированной техники, в которую заложены параметры, отвечающие за качество и плодородность почвы. Обеспечение уверенного движения тяговых средств в изменчивых почвенно-грунтовых условиях – актуальная задача, стоящая перед проектировщиками сельскохозяйственных машин. Для подбора оптимальных параметров воздействия на грунт проектируются ведущие звенья, отличающиеся по конструкции и выходным параметрам. Методы САД-проектирования позволяют оперативно и точно произвести расчет и подбор ведущего механизма машины.

Ключевые слова: САПР, ведущее звено, сельское хозяйство, экология, почвы

Scientific article

METHOD FOR DESIGNING AGRICULTURAL MACHINERY WITH THE USE OF MODERN TECHNOLOGIES

**Vladislav O. Tsubiks¹, Anastasia A. Soboleva², Pavel G. Kolesnikov³,
Sergey N. Dolmatov⁴**

^{1,2,3,4} Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Russia

¹ vczubiks@mail.ru

² mfsibgtu@mail.ru

³ mfsibgtu@mail.ru

⁴ pipinaskus@mail.ru

Abstract. Modern agriculture involves the use of specialized equipment, which contains parameters that are responsible for the quality and fertility of the soil. Ensuring the confident movement of traction equipment in changing soil and soil conditions is an urgent task facing the designers of agricultural machines. To select the optimal parameters of impact on the ground, the leading links are designed, differing in design and output parameters. CAD design methods allow you to quickly and accurately calculate and select the driving mechanism of the machine.

Keywords: CAD, leading link, agriculture, ecology, soil

Процесс посева и сбора урожая с помощью сельскохозяйственной техники является ответственным мероприятием. Ведь оптимально спроектированная машина и оператор, обладающий опытом взаимодействия с машиной, в совокупности оказывают наименьшее негативное воздействие на экологию почвы. Чрезмерное ее уплотнение при использовании тяжелой техники является актуальной проблемой, поскольку при увеличении плотности почвы сокращается урожайность за счет уменьшенного поступления воды и воздуха в почву [1]. Изменение плотности почвы будет зависеть от нескольких факторов, таких как масса техники, конструкция ведущего агрегата, число проходов по полю. Также существует проблема работы колесной сельскохозяйственной техники на переувлажненных и рыхлых почвах или при движении по бездорожью. Впоследствии это приводит к буксованию ведущих колес и излишним затратам энергии на самопередвижение. Производительность при таких обстоятельствах становится малоэффективной, а в некоторых случаях работа машины и вовсе невозможна [2]. Существует несколько решений данных проблем: например, дозагрузка ведущих колес, установка широкопрофильных и сдвоенных шин, снижение давления воздуха в шинах, применение цепей-грунтозацепов, применение полугусеничного хода [3].

Весьма эффективным способом будет являться применение полугусеничного хода (рис. 1).



Рис. 1. Пример полугусеничного хода трактора New Holland t8.435

Распределение массы трактора осуществляется по полотну гусеницы, а ее площадь взаимодействия с грунтом преимущественно больше, чем у стандартной колесной шины, что впоследствии приводит к меньшему давлению на грунт.

Установка полугусеничного хода имеет свои преимущества и недостатки.

Из преимуществ следует отметить:

- увеличение тягового усилия;
- увеличение тягового КПД трактора, уменьшение буксования;
- возможность работы на переувлажненных почвах;
- универсальность, сохраняется возможность установки колесного хода.

Из недостатков:

- дополнительные капиталовложения;
- металлическая гусеница – нет возможности передвигаться по дорогам общего пользования, соответственно, проблема в передвижении;
- увеличение радиуса разворота;
- ограничение по скорости передвижения;
- повышенные шум и вибрация при работе.

Современные методы проектирования позволяют просчитывать параметры различных агрегатов, негативно влияющих на экологию, и подбирать оптимальные конфигурации машин. Классические методы проектирования ходовых систем представляли собой создание определенного числа прототипов и их дальнейшие испытания для выявления самого лучшего проектного варианта. Для такого способа необходим запас времени, а также дополнительное финансирование.

Современные методы проектирования позволяют просчитывать параметры различных агрегатов, негативно влияющих на экологию, и подбирать оптимальные конфигурации машин, также способствуют снижению затрат времени и излишнего финансирования за счет упрощения вычисления поставленной задачи и оперативности ее выполнения. Примерами таких программ являются: Ansys, Altair inspire, Solidworks [4, 5]. Они позволяют моделировать физические процессы в реальном времени методами конечных элементов. В ходе моделирования задается определенная задача для изделия, которая рассчитывается автоматически в компьютерной среде. Например, программа способна рассчитать параметры ходовой части для различных грунтов, подобрать оптимальное давление в шинах и их размер или определить количество и размеры звеньев в гусеничном полотне для оказания наименьшего давления на грунт. Известен успешный опыт применения таких программ при проектировании узлов и агрегатов лесозаготовительных машин [6–8].

Целью исследования является обоснование необходимости применения САД- и САЕ-пакетов для проектирования сельскохозяйственной техники.

Задачи исследования:

- 1) построение трехмерной модели полугусеничного хода в САД-системе;
- 2) импорт модели в САЕ-систему для дальнейшего приложения нагрузок;
- 3) расчет в САЕ-пакете физических показателей трехмерной модели;
- 4) выводы по использованию инженерных пакетов.

Для начала исследования была определена САД-система, в которой проектировалась модель, а именно «Компас 3Д» [9]. Данная программа является актуальной и привлекательной для потребителей стран СНГ за счет своей интуитивности и русификации, зачастую САД-системы имеют зарубежное происхождение и, соответственно, требуют базовых знаний английского языка.

САД – автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности. Также для обозначения подобных систем широко используется аббревиатура САПР.

Спроектированная нами условная модель полугусеничного хода представлена на рис. 2.

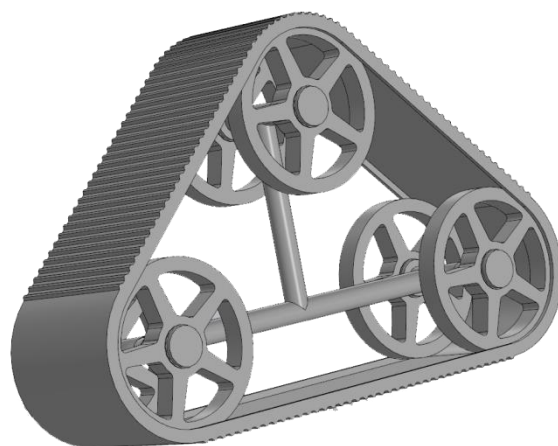


Рис. 2. Трехмерная модель полугусеничного хода

Для моделирования физических процессов была выбрана САЕ-программа зарубежного происхождения, а именно Altair inspire [9, 10] – комплекс программных продуктов, которые способны дать пользователю характеристику того, как будет вести себя в реальности разработанная на компьютере модель изделия. По-другому САЕ можно назвать системами

инженерного анализа. В своей работе они используют различные математические расчеты: метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объемов. При помощи САЕ инженер может оценить работоспособность изделия, не прибегая к значительным временным и денежным затратам.

Для демонстрации возможностей программы к модели полугусеничного хода была добавлена плоскость, выполняющая функцию грунта. Далее применялась функция статического нагружения для получения данных о взаимодействии гусеничного полотна с плоскостью грунта. Нагружение распределено по всей площади соприкосновения гусеницы с плоскостью. Величина нагружения принята 20 000 Н. Результаты нагружения приведены на рис. 3.

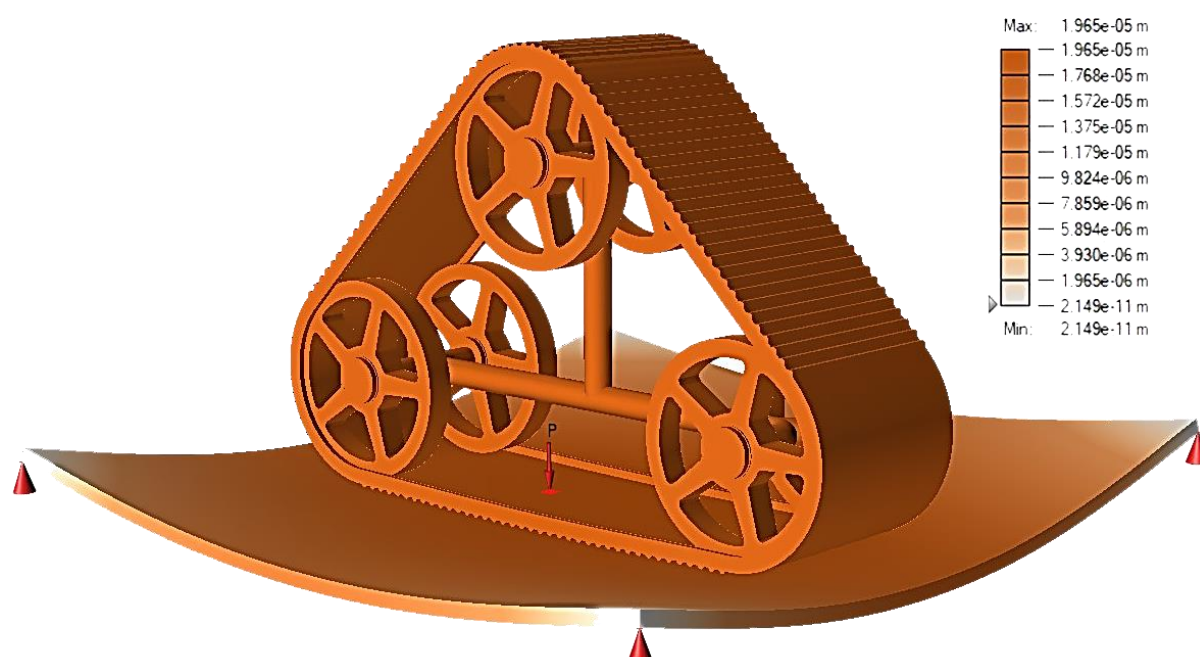


Рис. 3. Результаты распределения деформации грунта

Данный пример демонстрирует точный расчет деформации при заданных параметрах задачи. Также после расчетов доступны такие показатели, как запас прочности, минимальное и максимальное напряжение, величины действующих деформаций и перемещений.

Выводы

1. Применение полугусеничного хода позволяет существенно повысить проходимость колесного сельскохозяйственного трактора при движении в сложных почвенно-грунтовых условиях. Снижается точечная нагрузка в зоне контакта колеса за счет увеличения более чем в пять раз пятна контакта.

2. Проектирование в современном понимании с применением САД-пакетов отличается от классических методов за счет внедрения

компьютерных технологий. Появилась возможность оперативного макетирования, прототипирования и проектирования узлов различной сложности и отдельных деталей. Такие технологии сокращают время на разработку, поскольку процесс прототипирования минимизируется за счет предварительного испытания изделия в виртуальной среде.

3. Также внедрение технологий виртуального проектирования способствует экономии финансовых затрат. Уменьшается вероятность брака, связанная с человеческим фактором. Проведенное исследование демонстрирует потенциал использования актуальных и активно развивающихся технологий.

Список источников

1. Баскаков И. Плотность почвы. М. : LAP Lambert Academic Publishing, 2011. 172 с.
2. Котиков В. М., Ерхов А. В. Тракторы и автомобили. М. : Академия, 2012. 416 с.
3. Полугусеничный ход // Большая энциклопедия нефти и газа. URL: <https://www.ngpedia.ru/pg0083qhz9I8b0j0d8I5C80016090121/>
4. Основы автоматизированного проектирования : учебник. М. : Инфра-М, 2015. 368 с.
5. Дементьев Ю. В., Щетинин Ю. С. САПР в автомобиле- и тракторостроении. М. : Академия, 2004. 224 с.
6. The use of CAD when designing forest machines S N Dolmatov and P G Kolesnikov The use of CAD when designing forest machines ICMТMTE 2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering971 (2020) 032086IOP Publishingdoi:10.1088/1757-899X/971/3/032086
7. Долматов С. Н., Колесников П. Г. Совершенствование конструкции гидроманипуляторов лесных машин методами топологической оптимизации // Хвойные бореальной зоны. 2020. Т. XXXVIII. № 1–2. С. 60–65.
8. Цубикс В. О., Долматов С. Н. Практическое применение САD- и САЕ-систем при разработке лесозаготовительных машин 3D-технологии в решении научно-практических задач // 3D-технологии в решении научно-практических задач : сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. Красноярск : СибГУ, 2021. С. 276–280
9. САD-программы. URL: <http://asapcg.com/press-center/articles/cad-sistemy/>
10. САЕ – Computer-aided engineering. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/статья:САЕ_Системы_инженерного_анализа