

УДК 514.18; 621.869

## **ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ПОДВЕСКИ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОГРЕЙДЕРА**

Черников А.В., д.т.н.,

Рагулин В.Н.

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет  
(Украина)*

*В работе рассматриваются вопросы повышения качества проектирования машин и механизмов на основе исследования режимов их работы с использованием компьютерного моделирования, в частности, особенности наложения зависимостей в среде сборки, с целью проведения виртуальных экспериментов.*

*Ключевые слова: компьютерное моделирование, зависимости, геометрические параметры, автогрейдер, Inventor.*

**Постановка проблемы.** Применение автогрейдера связано с выполнением большого объема планировочных работ в дорожном строительстве. Основные нагрузки при этих работах воздействуют на механизм подвески рабочего оборудования. В исследованиях режимов работы машины целесообразно использовать методы компьютерного моделирования, что позволит проводить виртуальные эксперименты, не всегда возможные в реальных условиях (по соображениям техники безопасности) и визуализировать результаты исследуемых процессов в табличном и графическом виде [1-2].

**Анализ последних исследований и публикаций.** Производство современной и конкурентной техники сейчас невозможно без компьютерного проектирования на основе использования общепризнанных пакетов инженерной и компьютерной графики. Если ранее их применение сводилось только к созданию трехмерных моделей деталей, узлов и агрегатов, и оформлению конструкторской документации, то в настоящий момент возникла необходимость применения различных систем моделирования прототипа будущего изделия, с проведением инженерного анализа – прочностных, силовых и кинематических расчетов – уже на стадии проектирования [3-7].

Одной из возможных программ для решения поставленных задач является Autodesk Inventor, включающий среды двумерного, трехмерного параметрического проектирования и инженерного

анализа конструкций. Инновационные технологии, заложенные в пакете – адаптивность, моделирование кинематики, достаточная производительность и др. – способствуют быстрому и успешному решению конструкторских и исследовательских задач, оптимизации с учетом динамических и кинематических характеристик.

**Формулирование целей статьи.** Разработать методику моделирования отдельных узлов и агрегатов машины, их сборки в единый механизм с заданием всех возможных движений элементов конструкции для использования в пакете Autodesk Inventor применительно к исследованиям в области строительной и дорожной техники.

**Основная часть.** Решить поставленные задачи, в частности, сократить временные затраты при выборе оптимальной конструкции, позволяют специальные инструменты проектирования, которые включены в Autodesk Inventor. Это, прежде всего, мастера проектирования для моделирования валов, рамных конструкций, зубчатых и шлицевых зацеплений, пружин, а также среды для динамического моделирования, анализа напряжений, работы со сварными конструкциями. Доступ к этим инструментам осуществляется при работе в среде «Сборка», с помощью вкладок ленты «Проектирование» и «Среды» (рис. 1).

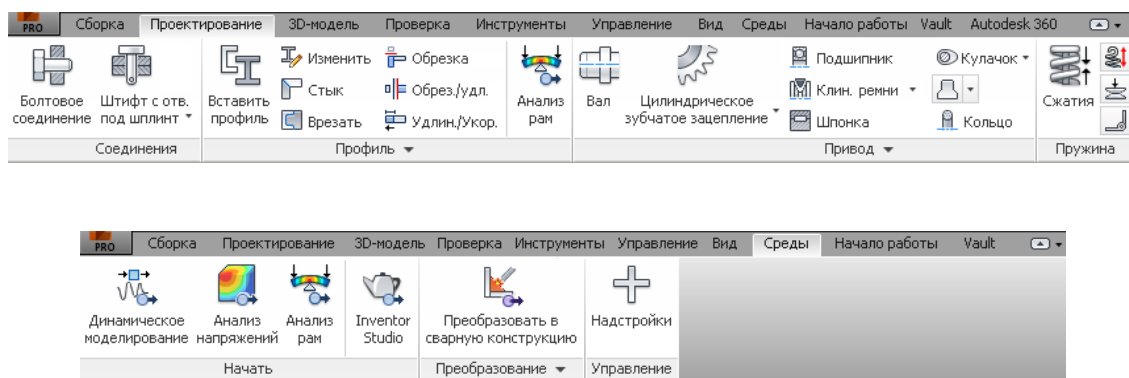


Рис. 1. Вкладки «Проектирование» и «Среды»

Применение инструмента «Динамическое моделирование» позволяет задать в сборке соединения (шарниры) между деталями максимально соответствующие реальным перемещениям будущего механизма. Для готовой сборки возможно наложение связей, как в среде «Сборка», так и в среде «Динамическое моделирование», которое не распространяется на сборку вне данного моделирования (рис. 2). Если возникнет необходимость, размеры и форма элементов может быть оперативно скорректирована.

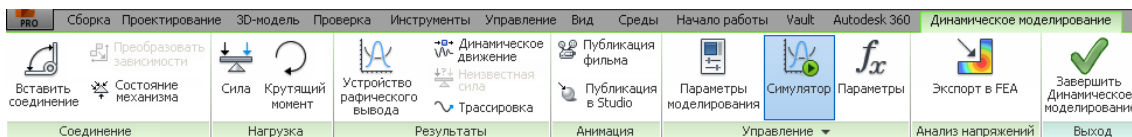
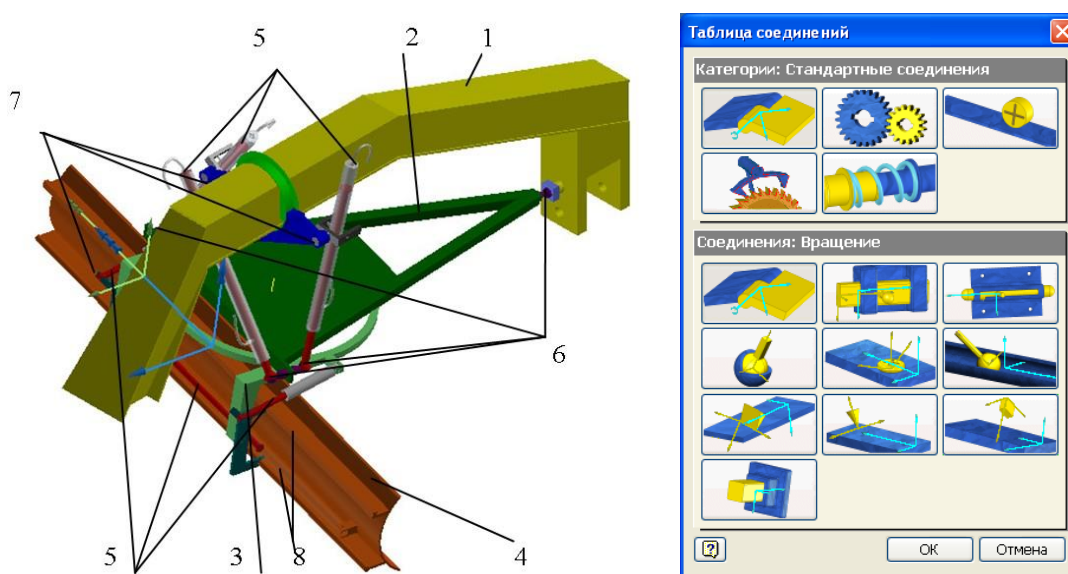


Рис. 2. Вкладка «Динамическое моделирование»

Применительно к модели рабочего оборудования автогрейdera ДЗк-251 (рис. 3) были использованы следующие соединения (шарниры): «Вращение», «Призматический», «Цилиндрический», «Точка-отрезок», «Сферический», «Сварной» (для неподвижного соединения). Следует помнить, что использование каждого соединения добавляет каждому элементу степени свободы, поэтому при их выборе необходимо обеспечивать минимальную избыточность степеней свободы механизма. Помимо шарниров использовались и «силовые» соединения, в частности, «3D-контакт» – с его помощью предотвращается «проникновение» одной детали в другую при моделировании работы механизма. Отдельной операцией было назначено «вынужденное движение» для отдельных соединений, что позволило моделировать работу всего исследуемого узла.



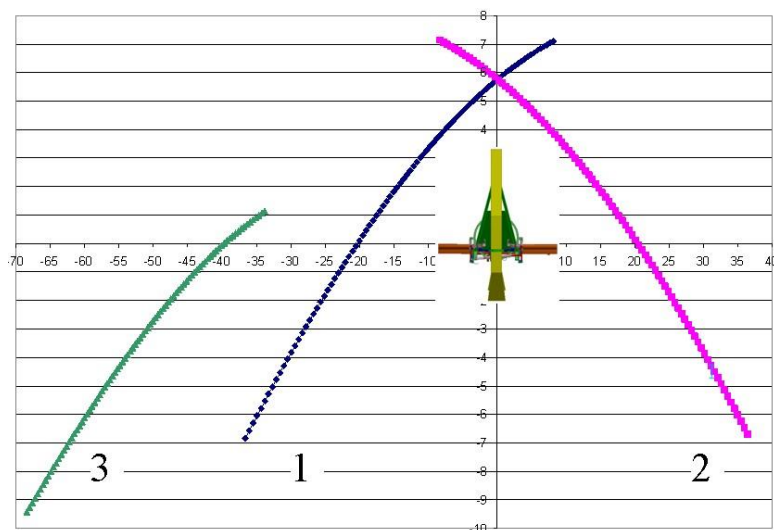
1 – хребтовая рама, 2 – тяговая рама, 3 – поворотный механизм с кронштейном, 4 – отвал, 5 – гидроцилиндры управления, 6 – шаровая опора, 7 – цапфа поворотная, 8 – тяга направляющая.

Рис. 3. Модель рабочего оборудования ДЗк-251 и таблица основных шарниров-соединений

В частности, в местах крепления шаровых опор было применено соединение «Сферический», которое имеет три степени свободы вращения вокруг осей  $x$ ,  $y$  и  $z$ , и позволяет имитировать

работу шарового шарнира (см. рис. 3, поз. 6). Применение соединения «Вращение» позволяет имитировать работу поворотной цапфы. Для имитации работы гидроцилиндров – использовано соединение «Цилиндрический». При моделировании движения отвала по направляющим тягам использовано два типа соединений: «Призматический» и «Точка-отрезок». Все неподвижные соединения деталей обеспечиваются при помощи соединения «Сварной».

При задании скорости выдвигания штоков гидроцилиндров началось моделирование работы механизма. Были получены графики изменения углов наклона осей гидроцилиндров (рис. 4) в двух плоскостях для каждого соединения (см. рис. 3, поз. 7). Построения выполнены при пошаговой фиксации штоков в различных рабочих положениях. Большой диапазон изменения угла поворота относительно вертикальной оси координат соответствует изменению в поперечной плоскости, меньший – в продольной плоскости.



1 – правый гидроцилиндр, 2 – левый гидроцилиндр,  
3 – гидроцилиндр выноса рамы

Рис. 4. Графики изменения углов наклона при выдвигании гидроцилиндра выноса тяговой рамы

Использование среды «Динамическое моделирование» позволит улучшить проектирование и исследование техники отечественного производства на ранних этапах конструкторских работ, получить необходимые данные и выполнить оптимизационные задачи с целью повышения показателей эффективности.

**Выводы.** Рассмотренная методика виртуального трехмерного моделирования позволяет с высокой точностью и малыми затратами времени выполнять исследования кинематических особенностей движения и определять его характер при интерактивно изменяемых

геометрических параметрах и физических свойствах деталей. Данная методика позволила исследовать и предложить варианты конструкции подвески рабочего оборудования, которые позволят оптимизировать нагрузки на основные элементы автогрейдера.

Проанализированы диапазоны изменения углов наклона трех основных управляющих гидроцилиндров в поперечном и продольном (по ходу машины) направлениях. В частности, по результатам проведенного моделирования, предложено менять место крепления штока гидроцилиндра выноса тяговой рамы.

Разработанный на основе компьютерного моделирования механизм управления рабочим оборудованием автогрейдера позволил расширить его технологические возможности, упростить управление тяговой рамой и снизить асимметричность нагрузки на гидроцилиндры управления рабочим оборудованием.

### *Литература*

1. Шевченко В.А. Нагруженность гидропривода управления основным отвалом автогрейдера / В.А. Шевченко, В.Н. Розенфельд, В.Н. Рагулин // Проблемы розвитку дорожньо-транспортного і будівельного комплексів: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 03–05 жовтня 2013 р. – Кіровоградський національний технічний університет, 2013. – С. 151-156.
2. Шевченко В.А. Исследование нагружения системы управления основным отвалом автогрейдера методом трехмерного виртуального моделирования / В.А. Шевченко, В.Н. Рагулин, Р.В. Фатеев // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – Вып. 65–66. – Харьков: ХНАДУ, 2014. – С. 216-220.
3. Черніков О.В. Основні напрямки геометричного та комп'ютерного моделювання фізичних та технологічних процесів / О.В. Черніков // Геометричне та комп'ютерне моделювання: Зб. наук. праць – Харків: ХДУХТ, 2007. – Вип. 19. – С. 168-182.
4. Черніков О.В. Використання можливостей параметричного моделювання пакету Inventor в наукових дослідженнях та навчальному процесі / О.В. Черніков // Прикл. геометрія та інж. графіка. – К.: КНУБА, 2008. – Вип. 80. – С. 98-102.
5. Кириченко И.Г. Компьютерное и физическое моделирование строительных и дорожных машин / И.Г. Кириченко // Вестник ХНАДУ. – Вып. 65–66. – Харьков: ХНАДУ, 2014. – С. 16-20.
6. Кириченко И.Г. Анализ программных средств компьютерного проектирования строительных и дорожных машин / И.Г. Кириченко, А.В. Черников // Вестник ХНАДУ. – Вып. 65–66. – Харьков: ХНАДУ, 2014. – С. 68-74.

7. Шевченко В.А. Анализ подвески рабочего оборудования автогрейдера методом компьютерного моделирования / В.А. Шевченко, В.Н. Рагулин // Вестник ХНАДУ. – Вып. 73. – Харьков: ХНАДУ, 2016. – С. 234-238.

### **ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У ДОСЛІДЖЕННІ ПІДВІСКИ РОБОЧОГО УСТАТКУВАННЯ АВТОГРЕЙДЕРА**

Черніков О.В., Рагулін В.М.

*У роботі розглядаються питання підвищення якості проектування машин і механізмів на основі дослідження режимів їх роботи з використанням комп'ютерного моделювання, зокрема, особливості накладення залежностей в середовищі складання з метою проведення віртуальних експериментів.*

*Ключові слова: комп'ютерне моделювання, залежності, геометричні параметри, автогрейдер, Inventor.*

### **APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGIES COMPUTER MODELING IN THE STUDY OF SUSPENSION EQUIPMENT OF THE MOTOR-GRADERS**

Chernikov A., Ragulin V.

*The paper deals with improving the quality of machines and mechanisms design based on the study of their operation mode with the use of computer modeling, in particular, feature imposing dependencies in the assembly environment, for the purpose of conducting virtual experiments.*

*Keywords: computer design, dependences, geometrical parameters, motor-grader, Inventor.*