

Плавный ход

Решения *Siemens Digital Industries Software* помогли голландскому производителю агротехники *AGCO* усовершенствовать самоходный опрыскиватель в соответствии с пожеланиями клиентов

©2020 *Siemens Digital Industries Software*

Когда вы обрабатываете гектары сельскохозяйственных угодий, ваши прибыль и степень воздействия на экологию напрямую зависят от производительности и эффективности оборудования. Иногда качество техники влияет и на то, останетесь ли вы на рынке. Современные фермеры должны работать быстрее, чем когда-либо раньше, использовать передовые методики и технологии.

Благодаря современным сельскохозяйственным подходам, за последние 60 лет собираемый урожай удалось утроить. С каждым годом сельское хозяйство развивается, поэтому инженеры *AGCO Corporation* в Нидерландах решили отказаться от традиционных решений и создать совершенно новую конструкцию для самоходного опрыскивателя *Challenger RoGator 600*. Скорость движения этой машины составляет 30 километров в час. Впечатляет и длина её штанги – 36 метров. За один день опрыскиватель обрабатывает участок площадью более 200 гектаров. Такие характеристики, как стабильность штанги, возможность управления высотой шасси из кабины, регулировка ширины колеи и максимальный комфорт оператора, обеспечивают идеальное опрыскивание. Это дает высокую производительность, а также устойчивость земледелия с позиции воздействия на окружающую среду.

Фермер Жером Лависс из французского города Шер, владелец одной из первых моделей *RoGator 600*, говорит, что его в ней впечатлило очень многое. Но переломным моментом для принятия решения о покупке стал тест-драйв: комфорт при управлении машиной оказался просто невероятным.

Сельхозпроизводители должны как можно более равномерно распределять точное количество питательных веществ и различных средств для защиты растений по площади в сотни гектаров, причем в определенное время – для этого и нужны современные опрыскиватели. Но сделать это не так просто: химические вещества качаются из огромных баков вместимостью в тысячи литров и подаются на крошечные распылители, которые размещены на широких штангах, раскинутых на десятки метров над рядами культур.

Одна из основных сложностей заключается в том, что длинные крылья штанги, вытянутые с обеих сторон трактора, могут изгибаться, искривляться и колебаться по мере того, как машина преодолевает склоны, неровности, колеи и другие привычные для фермеров особенности полевого рельефа. Кроме того, машине



нужно маневрировать на резких поворотах в конце рядов. Даже маленькие помехи могут доставить проблемы: они вызывают толчки, из-за которых распыление может быть неравномерным.

Услышать клиента

Йорис Хиддем, руководитель отдела разработки опрыскивателей *AGCO Corporation*, говорит, что, прежде чем приступить к разработке новой конструкции, его фирма изучила мнения крупнейших сельхозпроизводителей и фермеров по всей Европе, так как в *AGCO* хотели услышать из первых уст, что именно ожидают клиенты от изделия. В результате инженеры узнали, что самое важное в опрыскивателе с точки зрения пользователей – это плавный ход, но без ущерба для скорости и длины штанги. Специалисты компании поняли: легкие изменения в старой конструкции решить задачу не помогут. Нужен был совершенно новый подход к проектированию. Так появился *RoGator 600 Series* – революционный самоходный сельскохозяйственный опрыскиватель.

Чтобы обеспечить плавный ход, который сводит к минимуму вибрации штанг, компания оснастила опрыскиватель *RoGator 600* шасси с цельной балкой и четырьмя колёсами с увеличенными шинами. Высоту (клиренс) можно регулировать прямо из кабины, каждое колесо имеет независимую гидропневматическую подвеску, прикрепленную к



двойным рычагам и амортизаторам. Это позволяет справляться с ездой по пересеченной местности и выполнением маневров, вызывающих толчки.

Simcenter: лаборатория инноваций

Шасси с цельной балкой – это не единственная инновация в *RoGator 600*. Эта модель опрыскивателя получила новую систему подвески штанги на основе центральной рамы из нержавеющей стали. Решетчатые фермы сделаны из трубчатого алюминия, чтобы снизить вес конструкции. Независимые гидравлические цилиндры помогают складывать и раскладывать крылья штанги вплоть до максимальной длины в 36 метров.

При проектировании много внимания уделялось деталям. Впечатляет множество удобных для фермера функций: электронная система управления позволяет менять высоту подъема штанги из кабины в зависимости от высоты выращиваемой культуры и уклона земли, а при движении по холмам датчики обеспечивают автоматическое регулирование.

Чтобы достигнуть стратегических целей, при проектировании *RoGator 600* инженеры компании *AGCO* сотрудничали со специалистами *Siemens Digital Industries Software*, которые помогли улучшить каждую пару пружинного демпфера для идеальной работы при экстремальных горизонтальных, вертикальных и наклонных движениях штанги. Проект требовал детального анализа конструкции подвески штанги, а также кинематики всей машины, что было критически важно для достижения стабильности штанги. Специалисты по решениям для численного моделирования из арсенала *Simcenter* прекрасно справились с этой сложной задачей.

Эксперты *Siemens* рассчитали габариты и массу крыльев штанги, центральной части рамы и маятниковой подвески. Затем они использовали решение для симуляции кинематики из портфолио *Simcenter*, чтобы создать многотельную модель центральной части рамы и маятниковой подвески. Далее они подготовили конечно-элементную модель крыльев штанги и выполнили модальный анализ для определения собственных частот и форм колебаний конструкции.

Чтобы убедиться в точности модели, были проведены физические испытания: крыло штанги прикрепили к устойчивой стене, затем по её ключевым точкам били специальным ударным молотком и измеряли ответные вибрации. Данные испытаний и КЭ-анализа сопоставили в решении из портфолио *Simcenter*, которое автоматически генерирует



графики критериев модальной достоверности с цветовой кодировкой, позволяющие понять, где имеются расхождения. Обнаружив небольшое несоответствие, специалисты *Siemens* внесли в КЭ-модель изменения, чтобы включить в расчет массу жидкости в крыле штанги, а также массу пар пружинного демпфера в подвеске штанги. Эти корректировки позволили получить более точные результаты.

Поскольку необходимо было учесть вибрации трактора, инженеры смоделировали всю машину целиком, включая независимые подвески колес, систему рулевого управления, кабину и все соединения: сферические, поворотные и цилиндрические. Массовые и инерционные характеристики вычислили на основе *CAD*-данных. Для определения вызываемых шинами вибраций, шины представили в модели с помощью решения для симуляции кинематики из портфолио *Simcenter*. Кинематику маятниковой подвески проверили на наличие потенциальных пересечений. Всё было сделано очень тщательно.

От теории к практике

Симуляция позволила экспертам *Simcenter* получить информацию для точной настройки демпферов и пружин, а также для определения оптимального расположения компонентов. Оказалось, что идеальный вариант конструкции – это отдельные настраиваемые рычаги для каждой пары пружинного демпфера; такое решение повышает точность и эффективность демпфирования на маятниковой подвеске и центральной раме штанги.

Далее команда проектировщиков изучила возможность поставки и пришла к оптимальной конфигурации.

На завершающем этапе инженеры приступили к созданию физического прототипа машины. Основные характеристики прототипа измерили с помощью аппаратного обеспечения для сбора данных *Simcenter SCADAS Mobile* и программного обеспечения *Simcenter Testlab*, предназначенного для анализа данных. Так команда инженеров получила подтверждение, что горизонтальные, вертикальные и наклонные движения соответствовали моделям, спрогнозированным в процессе симуляции динамики многотельной конструкции.

Одна из главных целей заключалась в том, чтобы уменьшить коэффициент вариации распределения воды опрыскивателем. Существует система оценки, разработанная Институтом Юлиуса Кюна в Германии, в которой коэффициент вариации ниже 15 или 20 считается приемлемым, а ниже 10 – выдающимся. Неудивительно, что фермеры внимательно следят за этими оценками. По данным измерений *Siemens Digital Industries Software* и *AGCO Challenger*, в рамках проекта по оптимизации конструкции специалистам удалось снизить коэффициент вариации на 5%.

Разработанные вместе с *Siemens* инновации дали компании *AGCO* конкурентное преимущество и сделали её продукцию более привлекательной в глазах покупателей. 🌱