

При угловой скорости диска $\omega = 5 \text{ с}^{-1}$ величина момента сил трения незначительна, а с увеличением частоты вращения расход энергии резко возрастает.

При увеличении частоты вращения диска резко увеличивается и воздействие на почву, что обеспечивает значительное крошение почвенного пласта, но при этом возрастают затраты энергии на привод диска. Момент сил трения на боковой поверхности диска пропорционален диаметру диска в третьей степени.

Заключение

Представленные выше зависимости позволяют с использованием ПЭВМ определять кинематические и силовые параметры подкапывающих частей картофелеуборочных машин с дисковым рабочим органом.

Литература

1. Кандаулов Н.М.. О рациональной форме подкапывающих лемехов картофелеуборочных машин.//Науч. труды. ЦНИИМСХ. –Минск, 1964. –Том 3. С 247-251.
2. Протокол 7-75-96 (1151410) государственных приемочных испытаний опытного образца
3. картофелеуборочного комбайна КПК 2-01.(Белорусская МИС) - п. Привольный, 1996. – 93 с.
4. Самоходный картофелеуборочный комбайн –/Вергейчик Л.А., Сташинский Р.С., Радишевский Г.А. и др. А.С. № 1253464 СССР, А 01 D 17/00. Оpub. 30.08.86, – Бюл. № 2.
5. Синеоков Г.Н. Дисковые рабочие органы почвообрабатывающих машин. М.: Машгиз, 1949. 86 с.
6. Медведев В.И. Энергетика машинных агрегатов с рабочими органами–двигателями. Чебоксары: Чувашское кн. изд-во, 1972. 179 с.

УДК 631.354.2.076

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ПРИ ПОМОЩИ ПАКЕТА ADAMS

*А.В. Котов, Ю.В. Чупрынин, А.А. Дюжеев
РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике»*

В статье рассмотрены приемы проектирования и исследования механизма очистки самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-1218, разработанного в РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике», при помощи пакета ADAMS. Эффективное использование данного пакета при проектировании рычажных механизмов сельскохозяйственных машин позволяет существенно сократить сроки конструкторских и исследовательских работ.

Системы рычажных механизмов занимают значительное место в конструкции современных сельскохозяйственных машин, причем их разработка, испытание и доводка связана с большими затратами времени и материальных ресурсов, что недопустимо в современных условиях жесткой конкуренции на мировом рынке сельскохозяйственной техники. Поэтому сокращение сроков конструкторских и исследовательских работ возможно только за счет внедрения передовых методов компьютерного моделирования и исследования механических систем.

В РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике» уже более 10 лет успешно применяется метод аналитического исследования рычажных механизмов, основанный на применении векторного анализа, который подробно рассмотрен в работах [1, 2]. Этот метод отличается простотой и наглядностью, легко поддается формализации и алгоритмизации в любых современных математических пакетах и языках программирования, а существующая вычислительная техника позволила вывести его на новый уровень.

Однако в последнее время в связи с интенсификацией развития и широким применением средств вычислительной техники все чаще проектирование рычажных механизмов осуществляется в специализированных пакетах прикладных программ с элементами твердотельного моделирования в режиме построения наглядного изображения проектируемой системы на экране. Поэтому аналитические методы исследования рычажных механизмов постепенно уступают место новым компьютерным технологиям.

К числу фирм, предлагающих комплексные компьютерные технологии автоматизации инженерных проектов, относится MacNeal-Schwendler Corporation. Данная фирма известна как разработчик перспективного программного комплекса виртуального моделирования механических систем ADAMS (Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems). В состав данного комплекса входят четыре основных модуля: моделирующий ADAMS/View (препроцессор), вычислительный ADAMS/Solver (решатель), модуль анализа результатов – ADAMS/Postprocessor (постпроцессор) и визуализационный модуль – ADAMS/Animation.

В РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике» применение пакета ADAMS при разработке и исследовании рычажных механизмов на ранних стадиях проектирования началось относительно недавно в сотрудничестве с ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси». Однако уже проведенное моделирование различных типов рычажных механизмов сельскохозяйственных машин при помощи данного пакета [3] показало его высокую эффективность, а также высокую степень сходимости полученных результатов с результатами натурных экспериментов.

На рисунке 1 приведена технологическая схема работы самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-1218, оборудованного ветро-решетной системой очистки, к которой непосредственно относится рычажный механизм ее привода, рассматриваемый в данной работе.

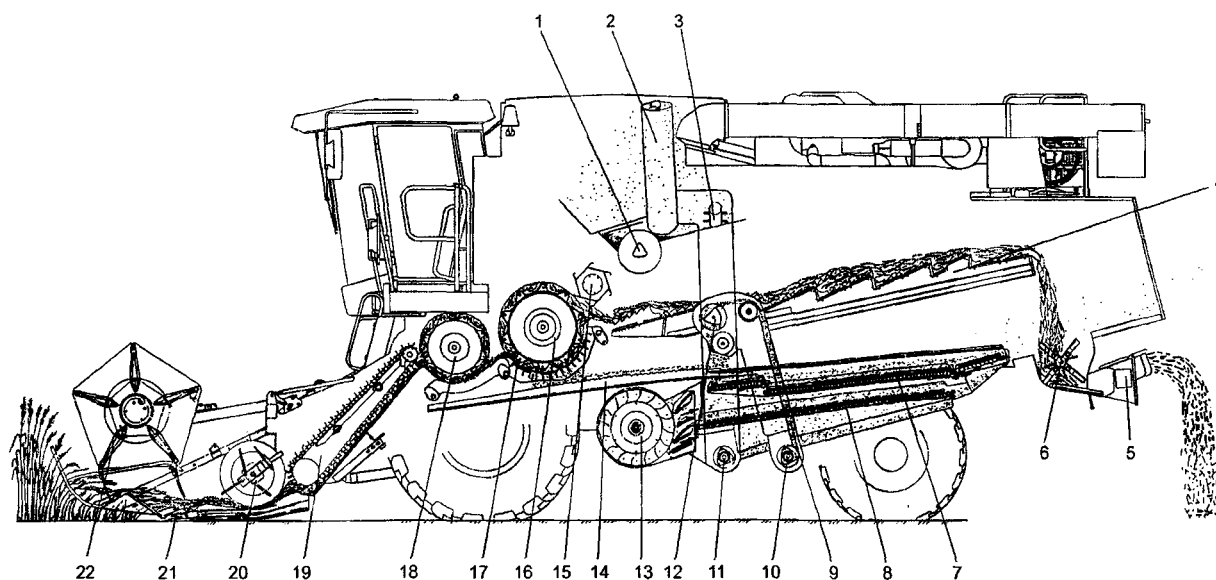


Рисунок 1. Схема технологического процесса работы самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-1218

- 1 – шнек горизонтальный; 2– шнек загрузочной зерновой; 3 – элеватор зерновой; 4 – соломотряс; 5 – дефлектор; 6 – соломоизмельчитель; 7 – верхний решетный стан; 8 – нижний решетный стан; 9 – элеватор колосовой; 10 – шнек колосовой; 11 – шнек зерновой; 12 – домолачивающее устройство; 13 – вентилятор; 14 – стрясная доска; 15 – отбойный битер; 16 – барабан молотильный; 17 – подбарабанье; 18 – барабан-ускоритель; 19 – транспортер наклонной камеры; 20 – шнек; 21 – режущий аппарат; 22 – мотовило

Согласно технологической схеме работы самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-1218 (рис. 1) зерно, мякина, сбойна и колоски, просеявшиеся через отверстия подбарабана молотильного аппарата и соломотряса, поступают на ветро-решетную очистку, на которой ворох разделяется в результате совместного действия воздушного потока и решет. При этом решета поддерживают слой вороха и совместно с воздушным потоком взрыхляют его. Мякина выносится воздушным потоком, сбойна идет сходом с решет, а зерно проходит через их отверстия. На сепарацию зерна в ветро-решетной очистке влияют подача вороха, состав и содержание солоmistых примесей в нем, влажность зерна и незерновой части, равномерность подачи вороха и воздушного потока, а также конструктивные и кинематические параметры механизма привода очистки.

Основным конструкторским решением, улучшающим качество сепарации зерна в ветро-решетной системе очистки, является обеспечение кинематических параметров работы механизма привода очистки, к которым можно отнести следующие: перемещение, скорость и ускорение различных точек решет, величина неуравновешенности механизма и величина реакций в шарнирах в зависимости от угла поворота кривошипа.

Рассмотрим приемы применения модулей пакета ADAMS при виртуальном моделировании механических систем на примере кинематической схемы рычажного механизма очистки самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-1218, разработанного в РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике».

Модуль ADAMS/View

Создание любой модели рычажного механизма при помощи модуля ADAMS/View подразумевает описание всех ее характеристик: геометрических размеров, физических свойств, способов соединения подвижных и неподвижных частей, задание действующих сил и моментов, начального положения элементов модели и их скоростей.

Построение полностью параметризированной модели исследуемого объекта в модуле ADAMS/View может осуществляться двумя способами: непосредственно в модуле при помощи собственных инструментов или импортироваться в него из CAD-систем. В настоящее время в РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике» в качестве основной CAD-системы используется Pro/Engineer, с помощью которого через форматы .stp, .igs, .x_t, .obj и др. можно осуществлять импортирование в модуль ADAMS/View заранее подготовленной твердотельной модели исследуемого объекта. Для непосредственного создания модели в модуле ADAMS/View существует широкий набор инструментов, которые собраны на главной панели, из которой через выпадающие меню осуществляется доступ ко всем основным инструментам.

К недостаткам созданной непосредственно в модуле ADAMS/View модели исследуемого объекта можно отнести необходимость задания «вручную» массо-инерционных характеристик всех его элементов, если при проведении расчета их величина и приложение должны соответствовать реальной конструкции. В то время как для предварительно подготовленной, а затем импортированной твердотельной модели в этом нет необходимости, так как данные параметры переносятся вместе с геометрией импортированного объекта. Если импортированная из CAD-системы твердотельная модель исследуемого объекта реализована корректно, пакет ADAMS гарантирует точность расчета.

После создания всех частей конструкции, описываются существующие связи между элементами и граничные условия. По умолчанию все связи между элементами являются идеальными, но в них можно добавить трение. Задание действующих на исследуемый объект силовых нагрузок осуществляется с помощью соответствующей панели инструментов.

На рисунке 2 приведена виртуальная 3D модель механизма очистки самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-1218, сформированная непосредственно с помощью собственных инструментов в модуле ADAMS/View.

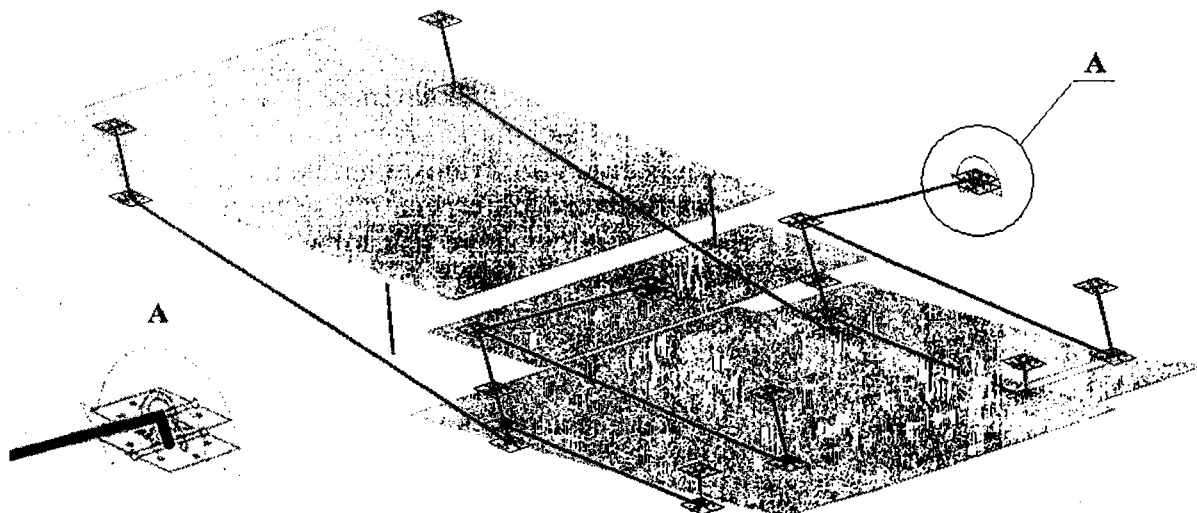


Рисунок 2. 3D виртуальная модель механизма очистки самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-1218, сформированная непосредственно в модуле ADAMS/View

В состав механизма очистки самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-1218 (см. рисунок 2) входят стрясная доска, верхний и нижний решетный стан, удлинитель верхнего решета, дополнительное решето, подвески передние и задние, рычаги очистки, колебательный вал и шатун очистки. В качестве входного звена привода механизма очистки используется кривошип коленчатого вала, характеристики движения которого задаются при помощи соответствующей панели инструментов.

Модули ADAMS/Solver и ADAMS/Postprocessor

Этап исследования модели с помощью модуля ADAMS/Solver включает в себя моделирование поведения частей модели под действием приложенных внешних сил и заданных движений, а также выявления критических параметров, наиболее сильно влияющих на эффективность работы модели в целом.

Перед началом исследования моделируемого объекта можно установить один из следующих видов применяемого расчета – статический, кинематический или динамический, а также указать конечное время счета и число шагов. По окончании расчета для анализа полученных результатов запускается постпроцессор – модуль ADAMS/Postprocessor, с помощью которого выводится вся интересующая инженера графическая информация об исследуемом объекте. На рисунке 3 приведены полученные в модуле ADAMS/Postprocessor графики амплитуд колебаний, вертикальных скоростей и ускорений центров тяжести решет механизма очистки за один оборот кривошипного вала зерноуборочного комбайна КЗС-1218.

Построение графиков, приведенных на рисунке 3, начинается от нулевого (начального) положения механизма когда кривошип расположен на одной линии с шатуном.

Проведем анализ данных, полученных в ходе исследования модели механизма очистки самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-1218 с помощью модулей ADAMS/Solver и ADAMS/Postprocessor. Согласно рекомендациям литературы [4, 5] для обеспечения агротехнических требований при работе механизма очистки амплитуда колебаний решет должна находиться в пределах 30...40 мм; максимальная вертикальная скорость решет не должна превышать величины $\pm 0,6$ м/с; максимальное вертикальное ускорение решет не должно превышать величины ± 25 м/с². Спроектированный механизм очистки самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-1218 удовлетворяет существующим рекомендациям к кинематическим параметрам его работы, а следовательно механизм очистки обеспечивает сепарацию зерна согласно технологическому процессу работы комбайна.

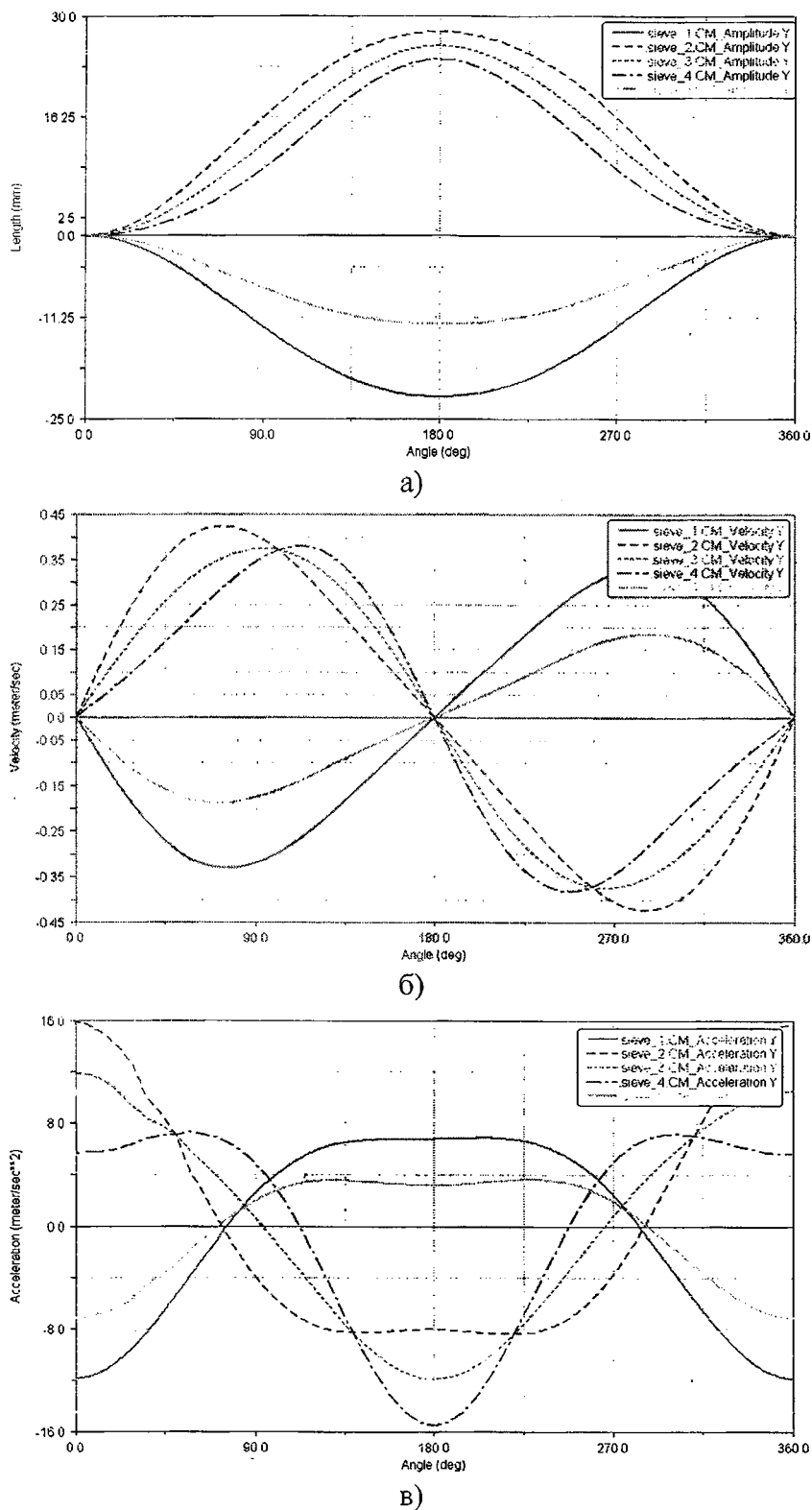


Рисунок 3. Графики изменения величины амплитуды колебаний (а), вертикальных скоростей (б) и вертикальных ускорений (в) центров тяжести решет механизма очистки самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-1218 за один оборот вала кривошипа

Созданная в пакете ADAMS 3D виртуальная модель механизма очистки самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-1218 позволяет проводить расчет величины углов закручивания каждого из шарниров, а также определять величину реакции (как по модулю так и по на-

правлению) в подвижных и неподвижных шарнирах. Данные параметры являются определяющими при выборе сайлентблоков того или иного типа, которые нашли широкое применение в конструкциях механизмов очисток зерноуборочных комбайнов.

Модуль ADAMS/Animation

Модуль ADAMS/Animation позволяет осуществлять качественное воспроизведение исследуемого объекта, получать сквозные виды конструкции, редактировать цветовую гамму, выбирать различные точки обзора и направления источников освещения объекта, одновременно с анимационным воспроизведением наблюдать на графиках изменение анализируемых параметров.

В процессе анализа полученных с помощью пакета ADAMS результатов расчета инженер может принять решение об оптимизации моделируемого объекта. Процесс оптимизации заключается в определении таких значений критических параметров исследуемого объекта, при которых его работа будет наиболее эффективной. Математический аппарат пакета ADAMS позволяет параметризовать практически все характеристики создаваемой модели (геометрические, кинематические, массовые и др.).

Перед началом процесса оптимизации какой-либо характеристики моделируемого объекта, необходимо создать оптимизируемый параметр с указанием типа числовой величины (действительное, вещественные и др.), а также к какой характеристике моделируемого объекта он относится (угол, длина, масса и др.). Дополнительно указывается начальное приближение оптимизируемого параметра и величина его предельного отклонения, в диапазоне которого будет осуществляться поиск решения.

После задания всех интересующих оптимизируемых параметров указывается целевая функция, подлежащая оптимизации (минимизации или максимизации), а также используемые для этого оптимизируемые параметры.

Процесс оптимизационного поиска решения осуществляется в графическом виде, по окончании которого найденное оптимальное решение присваивается оптимизируемому параметру, а рычажный механизм автоматически перестраивается в соответствии с результатом расчета.

Так, в оптимизируемом механизме очистки в качестве целевой функции может выступать функция амплитуды колебаний, функция вертикальной скорости и ускорения центра тяжести решет (рис. 3), если их значения не соответствуют рекомендуемым величинам. В качестве оптимизируемых параметров могут выступать длины звеньев механизма и их массоинерционные характеристики, координаты неподвижных точек механизма и др.

В результате совместного использования инструментов моделирования, исследования и оптимизации пакета ADAMS инженер может получить всесторонне оптимизированную конструкцию рычажного механизма.

Выводы

1. Сформированная в пакете виртуального моделирования модель механизма очистки самоходного зерноуборочного комбайна КЗС-1218, разработанного в РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике», позволяет быстро и адекватно проводить всесторонний анализ данного рычажного механизма.

2. Перспективным направлением проектирования и исследования рычажных механизмов сельскохозяйственных машин являются программные комплексы виртуального моделирования механических систем в сочетании с многопараметрической оптимизацией, которые обеспечивают предприятию экономию значительных средств и выход на рынок с всесторонне оптимизированными изделиями.

Литература

1. Котов А.В., Чупрынин Ю.В. Применение векторного анализа при проектировании рычажных механизмов. // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Мн., 2007. – С. 32-37.
2. Дюжев А.А., Котов А.В., Чупрынин Ю. В. Обеспечение универсальности навесного устройства энергосредства УЭС-2-250А «Полесье» с целью создания сельскохозяйственных агрегатов модульного типа. // Энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: доклады Междунар. науч.-практ. конф. – Мн., 2008. В 2 ч. Ч.1. – С. 78-74
3. Котов А.В., Дюжев А.А., Чупрынин Ю.В. Проектирование и исследование рычажных механизмов сельскохозяйственных машин при помощи пакета ADAMS. // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Збірник наукових праць. – Дослідницьке, 2008. Вип. 12(26). – С. 239-248.
4. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин / под ред. М. И. Клецкина. – 2-е изд., доп. и перераб. – В 4 т. – М.: Машиностроение, 1969.
5. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Под ред. Е.С. Босого. М.: Машиностроение, 1978.

УДК 621.891

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ РЕДУКТОРОВ

Соловей Н.Ф., Черношей В.С., Антонюк В.Л.

(РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике»)

Наиболее распространенной причиной выхода из строя деталей и рабочих органов кормо- и зерноуборочных машин в нормальных условиях эксплуатации, является не поломка, а износ и повреждение рабочих поверхностей при трении. Увеличение нагрузок и числа оборотов в различных редукторах сельскохозяйственных машин, приводит к повышению трения в них и приносит значительные материальные потери в народном хозяйстве. Известно, что более половины топлива, потребляемого машинами, расходуется на преодоление сопротивления, создаваемого трением в подвижных сочленениях [1].

Традиционным направлением в борьбе с изнашиванием и уменьшением силы трения в зубчатых передачах машин было повышение точности передач и твердости поверхностей зубьев шестерен, при этом устранение дефектов поверхностного слоя производилось финишными операциями (шлифование, шевингование, хонингование). В условиях производства, из-за непрогнозируемых факторов, возникающих при контроле и управлении технологическими процессами, получение однородной структуры активной поверхности зубьев зубчатых передач затруднено. Так, при проведении финишных операций, на поверхности зубьев наблюдаются зоны с отпущенной структурой и зоны вторичного закаленного слоя, что в процессе приработки и эксплуатации влияет на формирование площади контакта зубьев и, как следствие увеличение интенсивности изнашивания.

В поисках новых путей повышения износостойкости деталей машин, был открыт избирательный перенос при трении, при котором металлическая защитная пленка (сервовитная) образующаяся в процессе трения не разрушается и не подвергается усталостному разрушению. В зависимости от вида материалов, участвующих в паре трения, условий трения, механизм формирования сервовитной пленки на поверхностях трения может быть различным [2]. Пленка воспринимает все нагрузки, покрывая шероховатости поверхностей трения стальных деталей, что уменьшает взаимное внедрение одной поверхности в другую, снижает пластиче-