

Наконец, при больших k влияние членов, определяемых T_2 , и t_2 , становится незначительным, и величина Nu зависит только от слагаемых в числителе и знаменателе (9), содержащих в качестве множителя критерия k .

При этом получаем:

$$Nu = \frac{\int \frac{\partial}{\partial N} (\bar{\theta} + \bar{T}_1) dS}{\int (\bar{\theta} + \bar{t}_1) dS},$$

т. е. с ростом k зависимость числа Nu от k уменьшается и в пределе Nu становится независимым от k .

Таким образом, значения чисел Nu при стационарном и нестационарном режимах определяются различными членами выражения для поля температур, следовательно, и сами значения чисел Nu в стационарном и нестационарном режимах могут существенно отличаться между собой. Этот вывод имеет принципиальное значение, и его следует иметь в виду при анализе результатов экспериментального исследования межфазного теплообмена в плотном слое.

Литература

1. Джапбыев, К. Математическая модель процесса теплообмена при противотоке / К. Джапбыев, А. Чарыев, В. Мальковский // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. – 1986. – № 2. – С. 60–62.
2. Джапбыев, К. З. Исследования нестационарного теплообмена в плотном слое шаров, омываемых газом / К. Джапбыев, З. Л. Миропольский, В. И. Мальковский // Теплоэнергетика. – 1986. – № 3. – С. 70–72.
3. Джапбыев, К. Теплообмен в шаровой насадке, омываемой газом : автореф. дис. ... канд. техн. наук / К. Джапбыев. – А., 1987. – 19 с.
4. Регенеративный теплообменник работающих с твердым теплоносителем для охлаждения дымовых газов / К. Джапбыев [и др.] // МЦНП «НОВАЯ НАУКА», Рос. Федерация, г. Петрозаводск, 2023.
5. Куприянов, В. Н. Экспериментальное исследование гидродинамики потоков в ректификационной колонне с псевдооживленной шаровой насадкой : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. Н. Куприянов. – М., 1969. – 18 с.

УДК 004.942:519.876.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА АДАПТЕРА В ПОПЕРЕЧНОМ НАПРАВЛЕНИИ

Д. В. Джасов

*Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь*

В. Б. Попов

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Представлен подход к моделированию сложных мехатронных систем на примере механизма поворота адаптера в поперечном направлении. Для этого используется платформа для мультифизического моделирования Simcenter Amesim компании Siemens PLM Software. Благодаря этому создана и исследована модель, которая позволила оптимизировать параметры компонентов системы механизма поворота адаптера, применяющихся на зерноуборочных комбайнах с системой автоматического копирования рельефа поля.

Ключевые слова: моделирование, механизм, гидросистема, управление.

USE OF MODERN TECHNOLOGIES IN MODELING MECHANISM FOR TURNING THE ADAPTER IN THE TRANSVERSE DIRECTION

D. V. Jasov

*Scientific and Technical Center for Combine Harvester Manufacturing
OJSC "Gomselmash", Gomel, the Republic of Belarus*

V. B. Popov

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The paper presents an approach to modeling complex mechatronic systems using the example of a mechanism for rotating an adapter in the transverse direction. For this purpose, the multiphysics simulation platform Simcenter Amesim from Siemens PLM Software is used. Thanks to this, a model was created and studied that made it possible to optimize the parameters of the adapter rotation mechanism system components used on grain harvesters with a system for automatically following the field topography.

Keywords: modeling, mechanism, hydraulic system, control.

В настоящее время во многих отраслях машиностроения, в том числе и в сельхозмашиностроении широко применяются и внедряются сложные технические системы, включающие в себя компоненты различной физической природы. Работа таких систем основана на интеллектуальном управлении, что способствует улучшению функциональных характеристик продукции, увеличению производительности, надежности, а также снижению эксплуатационных расходов [1].

Применение новых технологий при проектировании изделий машиностроения является одним из главных преимуществ в борьбе за потребителя, позволяющих выпускать качественные изделия с минимальными затратами. Поэтому оптимизация параметров будущего изделия, включающего в себя подсистемы различной физической природы, еще на этапе прототипирования с помощью современных программных комплексов позволяет минимизировать ошибки и снизить издержки.

Анализ механических, гидравлических, электронных компонентов сложной технической системы классическими методами математического моделирования затруднены тем, что требуют не только наличия нескольких специалистов высокого профессионального уровня из разных областей знаний, но и необходимости однозначной интерпретации результатов их работы с последующим объединением и анализом работоспособности созданных моделей. Поэтому не всегда в сжатые сроки классический подход позволяет проверить обоснованность принятых параметров системы на этапе проектирования и требуется доработка системы после первичных испытаний.

Современным подходом к процессу проектирования технических систем различной степени сложности является междисциплинарное моделирование с учетом работы алгоритмов их управления в единой среде, например, Simcenter AMESim, Automation Studio, Modelica, MapleSim, SimulationX и MATLAB Simulink [2]. С целью комплексной оценки вариантов технических решений на начальном этапе проектирования технических систем хорошо себя зарекомендовала платформа для мультифизического моделирования Simcenter Amesim компании Siemens PLM Software.

Simcenter Amesim позволяет проводить всесторонний анализ функциональных характеристик мехатронных систем, оптимизировать механические, гидравлические, пневматические, тепловые, электрические и электронные подсистемы, а также при-

нимать обоснованные решения по наиболее важным параметрам изделий как на ранних стадиях разработки до начала испытаний опытных образцов, так и на поздних стадиях проектирования.

Для построения расчетных моделей сложных технических систем в Simcenter Amesim не требуется полностью проработанная геометрическая 3D-модель изделия. Эти модели строятся с использованием встроенных библиотек агрегатов и компонентов путем создания условных схем технических систем, добавляя символы или «иконки» на рабочую область и указывая связи между ними. Когда схема завершена, происходит задание параметров компонентов и запуск симуляции. По окончании расчета проводится анализ результатов моделирования [1].

В качестве примера использования программного комплекса Amesim, можно привести пример моделирования системы поворота адаптера в поперечной плоскости на наклонной камере зерноуборочного комбайна. На рис. 1 представлена схема компонентов системы.

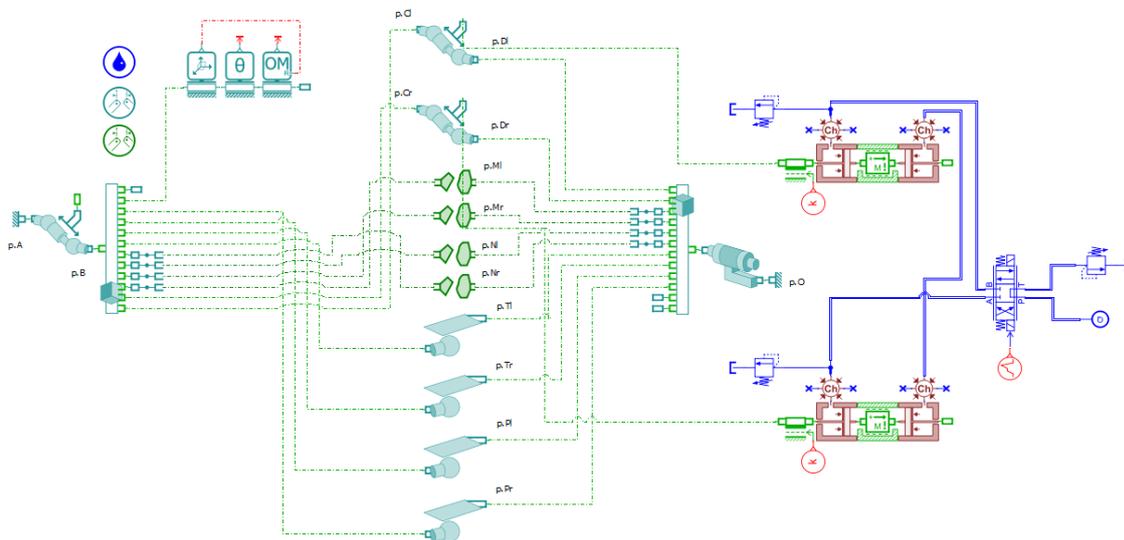


Рис. 1. Схема компонентов механизма поворота адаптера в поперечной плоскости в Amesim

Система механизма поворота состоит из подсистем механической части (слева) в виде точек расположения наклонной камеры и адаптера между собой, центра масс адаптера, точек присоединения гидроцилиндров, а также гидравлической системы (справа) управления поворотом адаптера в поперечной плоскости.

Несмотря на кажущуюся простоту системы, она является соединением нескольких подсистем, включающих в себя механическую часть, гидрокompоненты и датчики для управления гидросистемой. Для упрощения задачи оптимизации компонентов в представленной модели датчики не используются, а заменены простым алгоритмом управления системой.

В описываемой системе поворота нет явного шарнира качания адаптера в поперечном направлении. Роль шарнира играют пазы, по которым движется переходная рамка относительно наклонной камеры. Поэтому величины хода левого и правого гидроцилиндров поперечного качания должны быть строго согласованы между собой. В противном случае несогласованное движение гидроцилиндров приводило бы к частичному повороту с одновременным подъемом или опусканием всего адаптера,

следствием которого являются потери по высоте среза и нестабильность протекания технологического процесса. Кроме этого поперечное смещение центра масс также влияет на характеристику механизма поворота адаптера в поперечном направлении и требует подбора соответствующих параметров системы для обеспечения бесперебойной работоспособности и быстродействия системы.

Созданная в Simcenter Amesim модель системы механизма поворота адаптера позволила провести анализ и подбор требуемых параметров компонентов системы и оптимизировать режимы управления. Сравнение данной модели с моделью, сформированной математическими расчетными методами, показали полную идентичность результатов. Однако преимуществом модели, созданной в Amesim, является возможность опроса любых параметров и характеристик компонентов системы в реальном времени. Стоит также отметить, что время, затраченное на создание расчетной модели от начала описания до получения первых результатов, примерно в 3 раза меньше, чем при классическом способе. Кроме этого, имея рабочую модель механизма поперечного качания в Amesim, есть возможность использовать ее в качестве подсистемы других мехатронных систем комбайна и исследовать работоспособность в составе машины. В составе машины подсистема механизма поперечного качания входит в систему автоматического копирования рельефа поля адаптером зерноуборочного комбайна. Благодаря этому имеется возможность исследовать систему автоматического копирования профиля поля с помощью дополнительных систем управления для отработки и валидации алгоритмов и стратегии управления всей системой.

Благодаря набору большого количества специализированных библиотек компонентов различной физической природы использование пакета Amesim для исследования сложных технических систем в рамках одной расчетной модели позволяет значительно упростить и сократить время моделирования по сравнению с традиционными математическими методами, а также проводить более обширный анализ работы и поведения сложных многокомпонентных систем.

Л и т е р а т у р а

1. Джасов, Д. В. Моделирование динамических систем в программном комплексе Amesim / Д. В. Джасов, А. А. Калиновский // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : сб. тез. докл. 5-й Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : Науч.-техн. центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2021. – С. 151–153.
2. Гимадиев, А. Г. LMS Imagine.Lab AMESim как эффективное средство моделирования динамических процессов в мехатронных системах : электр. учеб. пособие / А. Г. Гимадиев, П. И. Грешняков, А. Ф. Синяков. – Самара : Изд-во СамНЦ РАН, 2014.

УДК 620.93

ПУТИ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

А. Я. Джумаев

Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары

Предлагается разработанный в Государственном энергетическом институте пилотный проект получения водорода на территории Туркменистана. Выполнено моделирование объекта, состоящего из источника электроэнергии – фотоэлектрической солнечной станции, установленной мощностью 100 МВт, системы получения водорода – электролизера мощностью 50 МВт, системы опреснения воды – установки обратного осмоса с производительностью 80 т воды в сутки.

Ключевые слова: фотоэлектрическая солнечная станция, электролизер, водородная энергетика, установка обратного осмоса.