

стимостью показали, что его применение позволяет снизить запыленность воздуха над бункером в 25–30 раз [7]. К преимуществам можно отнести также увеличение производительности грейферно-бункерного перегружателя и снижение его энергопотребления. Конструкция специального бункера с изменяющейся вместимостью защищена патентом.

Список литературы:

- [1] Бланк Ю.И. Борьба с пылеобразованием в морских портах / Ю.И. Бланк, В.Я. Зильдман, В.А. Чикановский // Морской транспорт / Экспресс – информация. – М., 1984. – Вып. 552. – С. 24–29.
- [2] Сборник предельно-допустимых концентраций атмосферных загрязнений : сб. статей / отв. ред. В. А. Рязанов. – М. : Медгиз, 1955. – 120 с.
- [3] Отделкин Н.С. Сокращение потерь комовой серы при перегрузке грейфером / Н.С. Отделкин., Н.П. Гладков // ЦБНТИ МРФ – М. – Транспорт, 1989. – вып. 4. – С. 23–25.
- [4] Поваров Г.С. Сокращение потерь грузов при транспортировке / Г.С. Поваров // Речной транспорт. – 1975. – № 2. – С. 29–40.
- [5] Сюхин Г.А. Снижать потери насыпных грузов при перевозке / Г.А. Сюхин, А.И. Телегин // Речной транспорт. – 1975. – № 1. – С. 31–35.
- [6] Вейсенберг Г.В. Исследование процесса и разработка параметров улавливания пыли диспергированной жидкостью на основе применения добавок химических веществ. Дис... канд. хим. наук. – Караганда, 1982. – 168 с.
- [7] Бобровников Н.А. Охрана воздушной среды от пыли на предприятиях строительной индустрии. – М.: Стройиздат, 1981. – 98 с.
- [8] Сборник предельно допустимых концентраций атмосферных загрязнений / Под ред. В.А. Рязанова. – М.: Медгиз, 1975. – 282 с.

И.Ю. Гордлеева, М.О. Смирнов
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКИХ МЕХАНИЗМОВ

Ключевые слова: кинематические характеристики, плоский механизм, механика, пакет MathCAD, натурное моделирование механизма, междисциплинарная интеграция, ФГОС 3.

Рассматриваются вопросы определения кинематических характеристик плоских механизмов посредством интеграции двух дисциплин «Механика» и «Информатика» для более эффективного изучения механических процессов в сжатых рамках ФГОС3, а также процесс самостоятельного изготовления макетов для наглядного изучения и сравнения рабочих звеньев механизмов.

Обоснованием написания данной работы послужило введение ФГОС 3, которые не дают студентам инженерных специальностей ВГУВТ, в частности, специальности «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» возможности изучения механических дисциплин в полном объеме. Ранее в рамках блока «Механика» изучалось 5 отдельных дисциплин: «Теоретическая механика», «Теория механизмов и машин», «Детали машин и основы конструирования», «Сопротивление материалов» и «Гидравлика». Теперь на дисциплину «Механика» выделен один учебный семестр. Исходя из дефицита аудиторного времени, было решено часть разделов сократить до ознакомительного уровня и вынести этот материал на самостоятельную работу. Также потребовалось сформулировать новые цели обучения. В качестве одной из таких целей решено было наладить межпредметные связи таким образом, что-

бы, осваивая одну из дисциплин естественнонаучного цикла, студенты решали бы на лабораторных занятиях задачи, относящиеся к другой дисциплине. В рамках дисциплины «Информатика» изучаются основы работы в пакете MathCAD. В качестве содержательной прикладной задачи, иллюстрирующей возможности пакета, было решено выбрать задачу моделирования плоского механизма. Эта задача охватывает три темы из разных разделов дисциплины «Механика»: «Определение характеристик плоского механизма» из раздела «Теоретическая механика», «Структурный и кинематический анализ плоского механизма» из «Теории механизмов и машин» и «Синтез механизма» из «Деталей машин».

Решив эту задачу в среде пакета MathCAD, появляется возможность исследовать зависимость характеристик изучаемого механизма от различных входных параметров гораздо быстрее и эффективнее, чем он это делал бы вручную. Результаты расчета, полученные на занятиях по «Информатике», дают возможность упростить решение задач по анализу и синтезу механизма, изучение которых предполагается на занятиях по «Механике».

Таким образом, интеграция двух дисциплин позволяет сэкономить время освоения сложных разделов «Механики», освобождая студентов от необходимости рутинных расчетов, за которыми часто теряется смысл механических процессов, осмыслить взаимосвязь предметов через конкретные задачи. Важно, что такой комплексный подход к решению сложных задач развивает научное мышление, способность анализировать, делать выводы.

Последовательность выполнения данной работы состоит из нескольких этапов:

- 1) Создание натурального макета плоского механизма;
- 2) Исследование кинематики плоского механизма и расчет для заданного положения скоростей выбранных точек механизма на основе зависимостей (уравнений), изучаемых в кинематике плоско-параллельного движения твердого тела;
- 3) изучение возможностей пакета MathCAD и выполнение в нем соответствующего механического расчета;
- 4) сравнение результатов ручного расчета и по составленной программе в среде MathCAD;
- 5) выполнение анализа полученных зависимостей и результатов.

В рамках создания натурального макета были выбраны кривошипно-шатунный и кулисный механизмы (рис. 1 и 2). Изготовление данных макетов включало в себя следующие этапы:

- 1) Разметка и резка листового органического стекла согласно заданным размерам, сверление отверстий для направляющих втулок скольжения;
- 2) Изготовление направляющих втулок для валов частей механизма путем проточки и сверления в токарном станке, нарезка на них резьбы М10;
- 3) Прикрепление направляющих втулок к листу органического стекла резьбовым соединением;
- 4) Выточка шипа кривошипно-шатунного механизма согласно размерам направляющей втулки;
- 5) Разметка листового металла угловой шлифовальной машинкой согласно размерам и вырезка частей механизма, сверление отверстий для втулок скольжения на сверлильном станке, скругление острых углов деталей на точильном станке, с последующей обработкой напильником и надфилем;
- 6) Выточка направляющих валов и прикрепление их к частям механизмов с помощью полуавтоматической СО сварки и резьбовых соединений М6;
- 7) Изготовление ползуна и камня путем резки и сверления стальной заготовки прямоугольного сечения;
- 8) Изготовление направляющей ползуна путем резки металлического прутка, гибки и нарезки резьбы М6, а так же крепление направляющей к листу органического листа;

9) Изготовление кулисы путем резки металлического прутка и нарезки на нем резьбы М8, а так же изготовление крепления кулисы к пластинчатому шатуну путем резки металлической заготовки прямоугольного сечения, сверления в нем 2 отверстий и нарезки в них резьбы;

10) Покраска всех деталей, соединение их между собой с помощью втулок скольжения и резьбовых соединений;

11) Подбор червячного редуктора к мотору привода механизма с расчетом, что на входе мы имеем 500 об/мин, а на выходе – 20 об/мин;

12) Прикрепление редуктора к мотору, а затем крепление к механизму путем кантового зажима;

13) Изготовление блока питания мотора.



Рис. 1. Макет кривошипно-шатунного механизма



Рис. 2. Макет кулисного механизма

Теоретическая часть при исследовании кинематики плоского механизма включает в себя два раздела «Механики»: Теоретическая механика (кинематика) и Теория механизмов и машин (ТММ). На основе изготовленных макетов проводится анализ структуры механизма и расчет скоростей и ускорений отдельных точек. Структурное исследование состоит в определении звеньев, входящих в механизм и кинематических пар. Так, к примеру, модель на рис.1 включает в себя кривошип, 2 шатуна, ползун, пластинчатый шатун, коромысло, кулису и качающийся камень, кинематические пары двух типов: вращательные и поступательные.

Для заданного положения механизма на основе кинематических зависимостей (уравнений) рассчитываются скорости и ускорения выбранных точек (А,В). Обоснование выбора формул для вычисления кинематических характеристик представляется в таблице.

Таблица

| Точка | Звено, которому точка принадлежит (движение, которое совершает звено) | Скорость точки | Ускорение точки |
|---------|---|--|--|
| Точка А | кривошип (вращательное движение), шатун (плоско-параллельное) | $v_A = \omega_0 \cdot OA$ | $\vec{a}_A = \vec{a}_A^n + \vec{a}_A^\tau$ |
| Точка В | ползун (поступательное), шатун (плоско-параллельное) | $\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}$ | $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^\tau$ |

Далее по исходным условиям задачи (длины звеньев, размеры механизма, угловая скорость ведущего звена) получают численные результаты исследуемых характеристик, на основе чего происходит качественный анализ движения механизма (ускоренное или замедленное движение у точек, направление движения и т.д.)

Следующим этапом работы является изучение средств пакета MathCAD, который изучается студентами на дисциплине «Информатика», читаемой параллельно с курсом «Механики». Описание теоретических зависимостей и их реализация в пакете MathCAD потребовали освоения следующих возможностей этого пакета:

- 1) Операции и функции работы с векторами и матрицами;
- 2) Функции формирования буквенных обозначений концов векторов скоростей рассчитанных точек;
- 3) Основы программирования в пакете MathCAD;
- 4) Функции-подпрограммы построения векторов;
- 5) Способы построения графиков зависимостей, когда последовательности аргументов и собственно значений функции являются столбцами одной или разных матриц.

Для данных моделей (рис. 1, 2) на основе изученных теоретических зависимостей в пакете MathCAD была написана программа определения кинематических характеристик. Результаты расчета для заданного положения механизма 1 показаны в графическом виде (рис. 3).

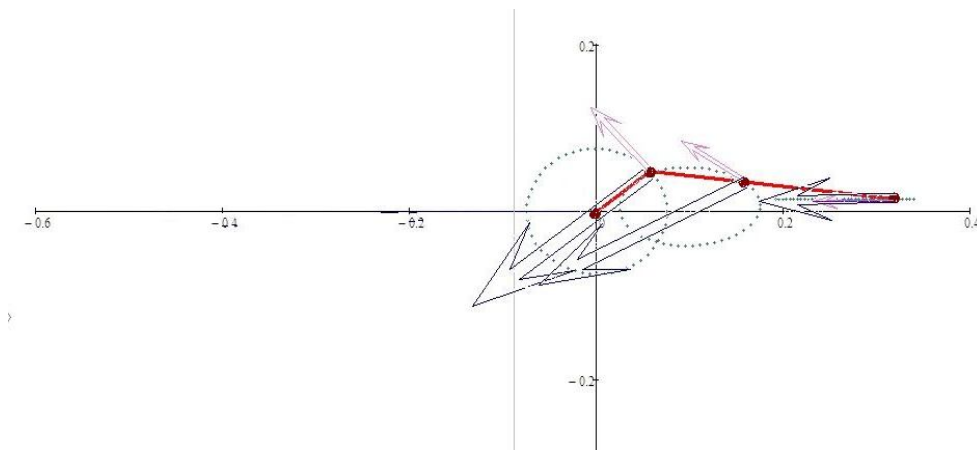


Рис. 3. Графическое представление результатов расчета в среде MathCAD

Представленная работа позволяет сделать следующие выводы:

– Определение кинематических характеристик плоского механизма можно производить вручную и автоматизировано. При этом сравнение результатов, полученные вручную показали совпадение с результатами расчета в среде MathCAD, что удовлетворяет поставленной цели и дает возможность оценить трудоемкость вычислений при разных подходах.

– Сравнение рассчитанных кинематических характеристик для разных моделей плоских механизмов дает возможность правильного выбора той или иной модели при заданных параметрах выходного звена для обеспечения рационального использования и назначения механизмов.

– Межпредметная интеграция в сжатых рамках читаемых дисциплин дает возможность понять и оценить взаимосвязь предметов, необходимость их введения в учебный курс, формирует понимание, что решение одной прикладной задачи требует знания множества дисциплин.

Список литературы:

[1] Смирнов М.О., Гордлеева И.Ю., Гаврилова Т.И. «Натурное и компьютерное моделирование для кинематического анализа плоского механизма» Материалы II Всероссийской студенческой научно-практической конференции, МИИТ, г. Н. Новгород, 2014, с. 25.

[2] Бертяев В. Теоретическая механика на базе Mathcad. Практикум Издательство: БХВ-Петербург, 2007.

Е.Я. Зозуля, А.А. Смольков, А.В. Крылов, Т.И. Тарнопольская
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДВУХ- И ТРЕХСТЕПЕННЫХ ПЛОСКИХ МАНИПУЛЯТОРОВ

Механизм манипулятора представляет собой плоскую или пространственную замкнутую кинематическую цепь. Манипуляторы имеют довольно разнообразную структуру кинематических цепей, которая различается числом звеньев, видом и расположением кинематических пар, подвижностью как КП, так и механизма в целом. Структура шарнирного робота-манипулятора рассматривалась в [2].

Расчет управляющих моментов в кинематических парах A , B , C в зависимости от двух параметров массы груза и изменения положения ведомого звена позволяет оценить статические нагрузки и провести предварительный подбор приводов. К приводам, применяемым в манипуляторах, предъявляются достаточно жесткие требования. Помимо того, что они должны быть минимальными по весу и габаритам, они должны создавать достаточно большие моменты и усилия, а также работать, в основном, в неустановившихся режимах и с переменной нагрузкой. Управление движением звеньев манипулятора производится путем дозирования перемещений, скоростей выходных звеньев привода. Следовательно, для каждого звена необходимо составить основные математические соотношения для управляющих воздействий, в данном случае моментов, по которым рассчитывается и реализуется управляющая программа для каждой кинематической пары. На рис. 1 показан двухстепенный манипулятор с приводами $D1$ и $D2$, тогда как схема, трёхзвенного манипулятора должна быть дополнена еще одним приводом $D3$ в точке C . При упрощенной модели моменты задаются как линейные функции кинематических параметров.