Рецензия

на диссертационную работу **Жилкибаевой С.К.** «**Разработка методики расчета прочности и жесткости плоских механизмов и манипуляторов с учетом распределенных динамических нагрузок**», представленную на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D060300 – Механика

В механике стержневых механизмов есть немало нерешенных или решенных частично проблем, две из которых касаются этой работы:
- расчет моделей стержневых механизмов на прочность и жесткость;
- учет сил инерции движения при моделировании стержневых механизмов;

На современном уровне первая из них, то есть расчет моделей стержневых механизмов на прочность и жесткость, сейчас решается в основном методом конечных элементов (МКЭ). На основе МКЭ разработаны сейчас многие вычислительные комплексы:
- из дальнего зарубежья - INVENTOR, NASTRAN, ANSYS и др.;
- из российских – это ЛИРА, КОМПАС, АРМ Stucture 3D и др.;
- и большой ряд других менее известных вычислительных комплексов.

Как известно из механики, инерция движения стержневых механизмов традиционно учитывается приложением к центру масс каждого звена его главного вектора и главного момента сил инерции. Но как мы все прекрасно знаем, этот подход очень приближенный, так как силы инерции, как и силы веса – это силы распределенные. Поэтому модели стержневых механизмов получаются приближенными, менее точными, чем это возможно сделать.

Д.т.н. профессору Утенову М.У. удалось создать свой метод, подобный по идеологии МКЭ. По крайней мере, он также как и в МКЭ, решает задачи расчета плоских моделей стержневых механизмов на прочность и жесткость. Но достоинство его работы в том, чего пока не сделано в МКЭ – это учет распределенной инерции при движении стержневых механизмов. Достоинство его докторской диссертации, на мой взгляд, именно в этом. Сейчас его научные работы в этом направлении прочитали в SCOPUSe уже более тысячи механиков, в основном они из США и Китая. Одним из соавторов профессора Утенова М.У. является его докторантка PHD Жылкибаева С.К. Ее заслуга не только в том, что зная английский язык, она перевела его основные труды на технический английский язык, чем способствовала презентации его трудов в широком сообществе машиноведов. Но и в том, что она поняла его метод в деталях и реализовала его: разработала методики и на их базе вычислительные алгоритмы, создала компьютерные программы и модели стержневого механизма 2-го класса и манипулятора с двумя степенями свободы.

К достоинствам работы можно отнести то, что литературный обзор сделан добросовестно. Не секрет, что часто он сводится к копированию соответствующего обзора из диссертации научного руководителя. А здесь посмотрите, вся литература свежая. В основном с 2000 года и позже, в основном из дальнего зарубежья.

Теперь по диссертационной работе.

Основной результат первой главы. Это разработка вычислительного алгоритма и создание компьютерных вычислительных программ по учету для каждого положения звена механизма распределенных поперечных и продольных инерционных нагрузок. Большим достоинством компьютерной программы является то, что она анимационная. И для каждого положения модели может показать картину сил инерции. Для рассматриваемых моделей шестизвенного стержневого механизма и манипулятора с двумя степенями свободы они распределены по линейному трапецеидальному закону, так как звенья считаются с постоянным по длине сечением.

Вторая глава. Приведены расчетные и условные схемы для построения дискретных элементов моделей и модели в целом механизма 2-го класса.

Третья глава. Сначала используя изгибающие моменты в указанных четырех сечениях и общее уравнение для изгибающего момента звена получено первое уравнение равновесия модели звена. Второе уравнение равновесия модели звена получено, рассматривая равновесие момен-

тов звена относительно четвертого сечения. Аналогичным подходом получены третье и четвёртое уравнения равновесия модели звена для продольных усилий в трех указанных сечениях звена. В итоге получено равновесие модели звена от действия поперечных и продольных сил инерции, распределенных по линейному трапецеидальному закону. В целом, чтобы система уравнений равновесия модели всего механизма 2-го класса была замкнутой, дополнительно рассматривается равновесие всех шарниров. Их в работе два вида: простой шарнир и жесткий шарнир. Кроме того, дается уравнение для узла приложения внешней сосредоточенной силы.

Итак, в этой главе дан вычислительный алгоритм и модель шестизвенного механизма. Модель - это 24 уравнения равновесия звеньев, 6 уравнений равновесия шарниров и одно уравнение для узла внешней нагрузки. Итого 31 уравнение и 31 неизвестное. Также в этой главе даны анимационные картины эпюр изгибающих моментов, поперечных и продольных сил для шестизвенного механизма и плоского двухстепенного манипулятора в их движении.

Четвёртая глава По найденным значениям изгибающих моментов и продольных усилий по формулам связи между силовыми и упругими параметрами находятся углы поворотов, продольные и поперечные перемещения сечений звеньев. Также в этой главе даны картины диаграмм углов поворотов, продольных и поперечных перемещений сечений звеньев для шестизвенного механизма в зависимости от положения ведущего звена механизма.

Пятая глава. Реализован на конкретном механизме алгоритм минимизации металлоемкости, теория которого была разработана в кандидатской диссертации профессора Утенова МУ. Для прямоугольного коробчатого сечения звеньев разработан вычислительный алгоритм и компьютерная программа. Даны результаты минимизации в виде таблицы 5.2 для двух значений угловой скорости ведущего звена механизма. Здесь представляет интерес скорость сходимости итерационного процесса, поэтому желательно было бы показать несколько итераций.

Конечно, в работе есть и недостатки. Но они не принципиальны, а имеют в основном технический, синтаксический и орфографический характеры. Все это я отметил в полученном мною варианте диссертации.

В главах 1 и 3 на графиках рисунков не показан масштаб приведенных эпюр и их значения. Не дается развернутого анализа по полученным из решения модели шестизвенного механизма диаграммы изгибающих моментов, поперечных сил и продольных усилий для различных режимов движения механизма. Также не дается развернутого анализа по полученным решениям моделей шестизвенного механизма 2-го класса и двухстепенного манипулятора, имею в виду углы поворотов, продольные и поперечные перемещения сечений звеньев для различных режимов движения механизма.

Кроме того, не дана оценка по скорости сходимости алгоритма – как уменьшается металлоемкость в зависимости от количества итераций и режимов движения механизмов.

В целом, считаю диссертационную работу Жилкибаевой С.К. «**Разработка методики расчета прочности и жесткости плоских механизмов и манипуляторов с учетом распределенных динамических нагрузок**», представленную на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D060300 – Механика, соответствующей требованиям, предъявляемым к диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени.

Рецензент, д.т.н., профессор
ГНС ИММаш КН МОН РК **Темирбеков Е.С.**

Подпись
Заверяю

Кадрлар және құжаттамамен жұмыс істеу бөлімі