

УДК УДК 004.9 + 621.867

*Е.М. Кудрявцев,
В.В. Степанов***5D МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЦЕПНОГО
ТРАНСПОРТЕРА
В СИСТЕМЕ
КОМПАС-3D**

Изложена методика комплексного проектирования и исследования изделия на ранних этапах проектирования. Эта методика включает ряд этапов: создание трехмерной модели изделия (3D) с проведением соответствующих конструкторских расчетов, проведение инженерного анализа, включающего динамический анализ изделия (+1D) и исследование его НДС (+1D). Этот процесс можно назвать 5D моделированием изделия. Комплексное проектирование и исследование изделия обеспечивает повышения эффективности и качества проектирования изделий и кардинальное снижение ошибок на самых ранних этапах проектирования любой механической системы.

Ключевые слова: цепной транспортер, 5D моделирование, комплексное проектирование, строительные машины, транспортер.

*Е.М. Kudryavtsev, V.V. Stepanov***5D MODELING OF A CHAIN CONVEYOR
WITH THE HELP OF COMPAS-3D
SOFTWARE**

The methodology of concurrent engineering and research of products at initial stages of their design is provided in the article. The proposed methodology contemplates several stages: development of a 3D model of a product accompanied by its structural design analysis, the engineering analysis, including the dynamic analysis of a product (+1D) and research of its deflected mode (+1D). The proposed procedure may be entitled as "5D Product Modeling". Concurrent engineering and research of a product improves the efficiency and the quality of design, while the number of errors goes down at the initial stages of design development of any mechanical system. 3D model of a chain conveyor was developed on the basis of one of the most widely spread systems of computer-aided design – COMPAS-3D software developed by ASKON company. Static, kinematic, and dynamic analyses, associated with the chain conveyor, were performed with the help of the Universal Mechanism Express system integrated into COMPAS-3D software. Analysis of the deflected mode of the chain conveyor joints exposed to maximal loads was performed with the help of APN FED software integrated into COMPAS-3D software. APN FED software was used to simulate various loads, to simulate various limit conditions, to generate a mesh of finite elements and to perform the final calculations. One dynamic and one refined mathematical model of the drive and of the whole chain conveyor were developed to verify the adequacy of the research performed within the framework of the project in question. Dynamic loads applicable to elements of the chain conveyor were identified through the employment of MathCAD software.

Key words: chain conveyor, concurrent engineering, 3D model, 5D modeling.

5D-моделирование цепного транспортера включает создание трехмерной модели изделия (3D), проведение его динамического анализа (+1D) и исследование напряженного деформированного состояния наиболее нагруженных элементов изделия (+1D).

Цепной транспортер предназначен для передачи готовых изделий (после предъявления ОТК) на склад хранения цеха комплектации.

Параметры транспортируемого изделия: длина – 6, ширина – 0,14, высота 3,6 м, масса – 6750 кг.

Технические характеристики цепного транспортера:

длина транспортирования – 30 м;

направление транспортирования горизонтальное;

скорость транспортирования – не более 1 м/с;

тип тягового органа пластинчатая роликовая цепь ГОСТ 588-81;

число транспортируемых изделий – не более 1 шт.

Для проведения 5D-моделирования цепного транспортера необходимо выполнить ряд этапов:

- 1) провести в системе MathCad тяговый расчет цепного транспортера, включающий определение параметров привода и рабочего органа;
- 2) создать трехмерную модель цепного транспортера с использованием системы КОМПАС-3D (3D-модель);
- 3) провести статический, кинематический и динамический расчеты цепного транспортера с использованием системы UMExpress (Универсальный механизм Express) (+ 1D);
- 4) исследовать напряженно-деформированные состояния наиболее нагруженных узлов цепного транспортера с использованием систем APM FED и APM Structure 3D (+ 1D).

Если, например, при расчете могут возникнуть резонансные явления, выявлены недопустимые прочностные отклонения и т.д., необходимо вернуться к первому этапу создания цепного транспортера и т.д. Процесс доводки модели изделия может занять несколько итераций.

На рис. 1 приведен фрагмент алгоритма тягового расчета цепного транспортера в системе Mathcad.

8. Динамическая нагрузка на цепь, Н		
$F_d := m \cdot a$		$F_d = 2.2339 \times 10^4$
9. Разрывное усилие цепи, Н		
$S_p := K_z \cdot (S_{max} + F_d)$		$S_p = 3.0046 \times 10^5$
Окончательно выбираем тяговую цепь М315-2-315-1 ГОСТ 588-74 с		
$t_v = 0,315 \text{ м}, d_{катанка} = 100 \text{ мм}, S_{разр} = 315 \text{ кН.}$		
10. Необходимое усилие цепи, Н		
$P := (S_6 - S_3) \cdot \xi$		$P = 7.1095 \times 10^3$
11. Мощность двигателя, кВт		
$N_{дв} := P \cdot \frac{V}{1000 \cdot \eta}$		$N_{дв} = 8.3641$

Рис. 1. Фрагмент тягового расчета цепного транспортера в системе Mathcad

Для создания трехмерной модели цепного транспортера использовалась система КОМПАС-3D. Данная система имеет большой набор специализированных САПР и прикладных библиотек, которые на порядок облегчают работу конструктора и исследователя [1—4]. Кроме того, после создания трехмерной модели она автоматически определяет массоинерционные параметры для каждой детали сборки, различных подборок и всей сборки в целом.

На рис. 2 приведен фрагмент трехмерной модели цепного транспортера, созданного в системе КОМПАС-3D.

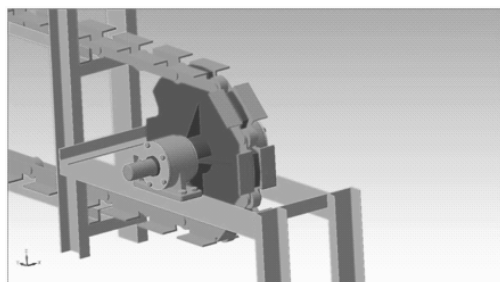


Рис. 2. Фрагмент трехмерной модели цепного транспортера, созданного в системе КОМПАС-3D

Для проведения статических, кинематических и динамических расчетов цепного транспортера использовалась система Универсальный механизм Express.

На рис. 3 приведена конвертированная модель цепного транспортера из системы КОМПАС-3D в систему Универсальный механизм Express (UMExpress).

На рис. 4 приведено главное окно системы Универсальный механизм Express после окончания процесса моделирования редуктора, входящего в состав привода цепного транспортера.

В окне Инспектор объекта (правая часть рабочей области) представлены результаты моделирования в графическом виде, которые можно просмотреть и в специальных развернутых окнах (рис. 5).

Исследование напряженно-деформированного состояния наиболее нагруженных узлов цепного транспортера было выполнено с использованием систем APM FED и APM Structure 3D (+ 1D) [5].

Система APM FEM представляет собой интегрированный в систему КОМПАС-3D модуль для подготовки и последующего конечно-элементного анализа трехмерной твердотельной модели (детали или сборки).

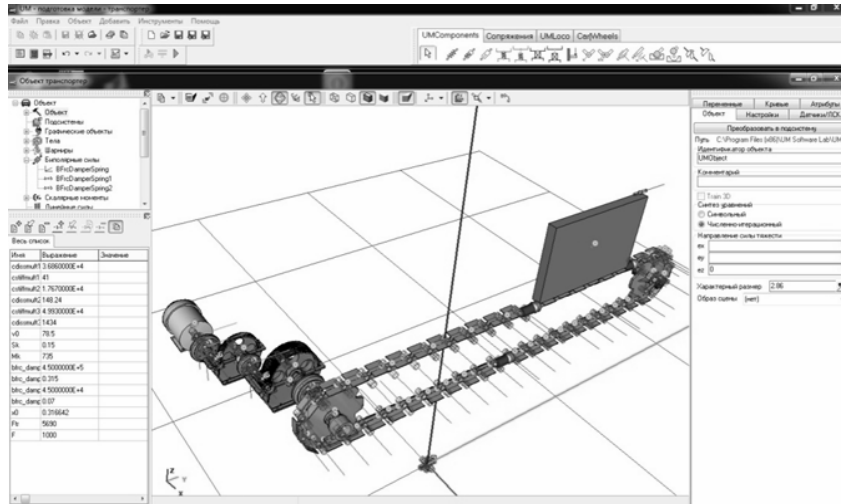


Рис. 3. Конвертированная модель цепного транспортера в системе Универсальный механизм Express

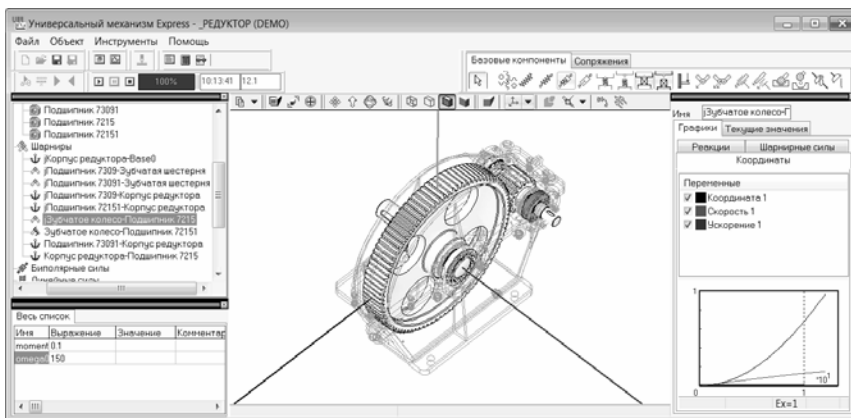


Рис. 4. Главное окна системы Универсальный механизм после окончания процесса моделирования редуктора

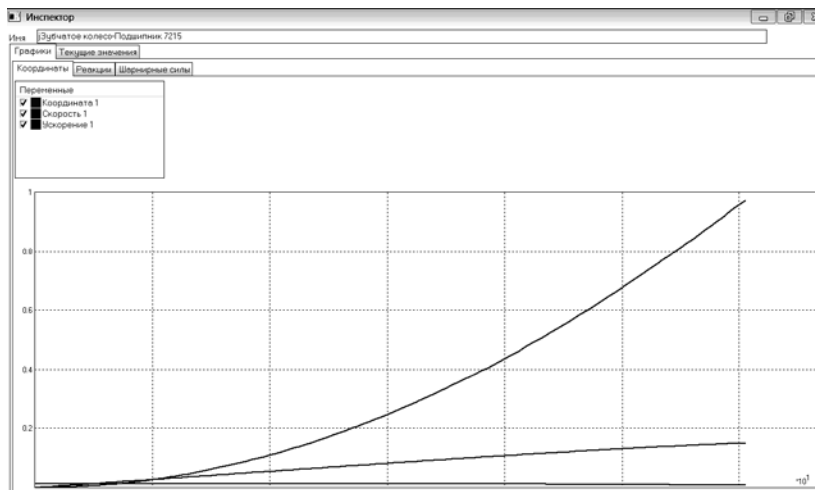


Рис. 5. Развернутое окно Инспектор с графиками кинематического анализа Зубчатое колесо Подшипник 7215

Подготовка геометрической 3D модели и задание материала осуществлялось средствами системы КОМПАС-3D.

С помощью АРМ FEM прикладывались нагрузки различных типов, указывались граничные условия, создавалась конечно-элементная сетка и выполнялся расчет. Генерация конечных элементов проводилась в автоматическом режиме.

В результате выполненных системой АРМ FEM расчетов были получены:

карта распределения нагрузок, напряжений, деформаций в конструкции;

коэффициент запаса устойчивости конструкции;

частоты и формы собственных колебаний конструкции.

Рассмотрим основные этапы подготовки элементов рамы цепного транспортера в системе АРМ FEM. Ограничимся расчетом на прочность одной вертикальной стойки, воспринимающей нагрузку от транспортируемого груза. Рассчитывать всю конструкцию целесообразно в полной версии модуля АРМ Structure FEM, который оптимизирован для работы со стержневыми системами (фермы и т.п.).

Подготовка и расчет трехмерной модели включает несколько этапов.

Первый этап – доработка трехмерной модели в системе КОМПАС-3D.

Прежде всего, из моделируемого объекта необходимо исключить некоторые детали и конструктивные элементы. Из расчета исключаются детали, прочность которых не вызывает сомнения или может быть определена инженерными методами, а также такие конструктивные элементы как фаски, канавки, небольшие отверстия и другие объекты, которые не оказывают значительного влияния на прочность, однако для их корректного описания потребуется значительное уменьшение размеров конечных элементов.

Второй этап – подключение библиотеки с использованием Менеджера библиотек системы КОМПАС.

Третий этап – создание закреплений.

Четвертый этап – задание совпадающих граней и задание нагрузок.

На рис. 6 показана стойка рамы транспортера со всеми нагружениями и закреплениями, созданными в модуле АРМ FEM.

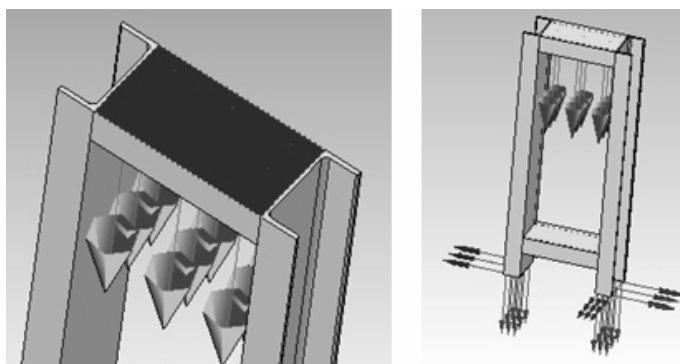


Рис. 6. Стойка рамы транспортера со всеми нагружениями и закреплениями: *а* – задание нагрузки; *б* – объект подготовлен к разбиению и расчету

Расчет стойки рамы транспортера включает несколько этапов.

Первый этап – генерация КЭ (Конечно-Элементной) – сетки.

На рис. 7 показаны результаты разбиения трехмерной модели, а сам процесс отслеживается в окне Результаты разбиения.

Второй этап – выполнение расчета. Этот процесс может занять несколько минут. Продолжительность моделирования зависит от сложности и выбранной точности моделируемого изделия.

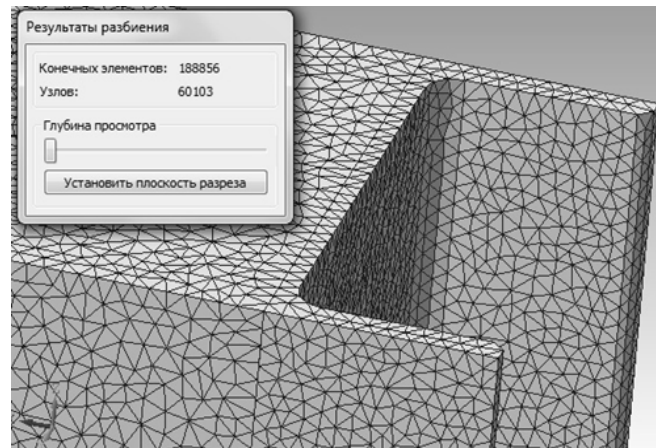


Рис. 7. Фрагмент трехмерной модели с результатами разбиения

Третий этап – получение результатов. После установки нужных параметров и запуска процесса расчета. В рабочем окне отобразится цветовая карта и соответствующая шкала.

На рис. 8 показана карта эквивалентных напряжений по Мезесу.

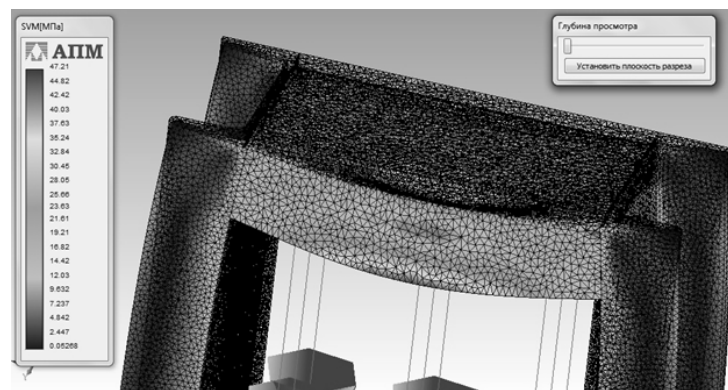


Рис. 8. Карта эквивалентных напряжений в стойке по Мезесу

На рис. 9 показаны результаты исследования НДС рамы цепного транспортера в системе APM Structure 3D.

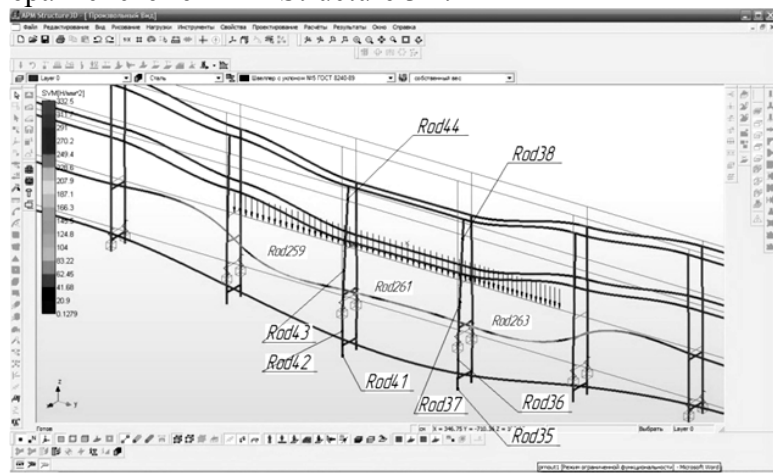


Рис. 9. Наиболее нагруженные стержни в раме цепного транспортера, представленные в системе APM Structure 3D

Для проверки адекватности проводимых исследований параллельно были разработаны динамическая и уточненная математические модели привода и всего цепного транспортера, проведены определения динамических нагрузок в элементах транспортера с помощью системы MathCAD.

В результате исследования:

разработаны динамическая и уточненная математические модели привода и всего цепного транспортера;

проведено исследование динамической модели и получены решения математической модели с помощью системы MathCAD для определения динамических нагрузок в элементах транспортера;

разработана трехмерная модель цепного транспортера с использованием системы КОМПАС-3D для определения геометрических и массоинерционных характеристик изделия;

разработана анимационная модель цепного транспортера для определения кинематических характеристик транспортера;

разработана динамическая модель цепного транспортера для определения статических и динамических характеристик машины. Исследованы режимы запуска и установившегося движения цепного транспортера и его привода;

проведено моделирование динамической трехмерной модели с целью определения динамических нагрузок в цепном транспортере;

построена конечно-элементная модель рамы цепного транспортера для определения ее напряженно-деформированного состояния с целью ее модернизации.

Проведение параллельных исследований показало адекватность полученных результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудрявцев Е.М. КОМПАС-3D V10. Максимально полное руководство: в 2 т. М. : ДМК Пресс, 2008. 1184 с.
2. Кудрявцев Е.М. Моделирование, проектирование и расчет механических систем. М. : ДМК Пресс, 2008. 400 с.
3. Кудрявцев Е.М. Практикум по КОМПАС-3D V8: Машиностроительные библиотеки. М. : ДМК Пресс, 2007. 440 с.
4. Кудрявцев Е.М. Начальное знакомство с компьютерными системами: Word, Mathcad, КОМПАС-3D. М. : Изд-во АСВ, 2007. 160 с.
5. Замрий А.А. Проектирование и расчет методом конечных элементов трехмерных конструкций в среде APM Structure 3D. М. : Изд-во АПМ, 2004. 208 с.

REFERENCES

1. Kudryavtsev E.M. KOMPAS-3D V10. Maksimal'no polnoe rukovodstvo [The Most Complete Guide], in two volumes. Moscow, DMK Press Publ., 2008, 1184 p.
2. Kudryavtsev E.M. Modelirovanie, proektirovanie i raschet mekhanicheskikh system [Modeling, Designing and Analysis of Mechanical Systems], Moscow, DMK Press Publ., 2008, 400 p.
3. Kudryavtsev E.M. Praktikum po KOMPAS-3D V8: Mashinostroitel'nye biblioteki [Workshop in KOMPAS-3D V8. Machine Building Libraries]. Moscow, DMK Press Publ., 2007, 440 p.
4. Kudryavtsev E.M. Nachal'noe znakomstvo s komp'yuternymi sistemami : Word, Mathcad, KOMPAS-3D. [Introduction into Software Systems: Word, Mathcad, KOMPAS-3D], Moscow, ASV Publ., 2007, 160 p.
5. Zamriy A.A. Proektirovanie i raschet metodom konechnykh elementov trekhmernykh konstrukttsiy v srede APM Structure 3D [Designing and Analysing Three-Dimensional Structures by Method of Finite Elements in the APM Structure 3D Media]. Moscow, APM Publ., 2004, 208 p.

Поступила в редакцию в январе 2012 г.

Об авторах: **Кудрявцев Евгений Михайлович**, профессор, заведующий кафедрой строительных и подъемно-транспортных машин, **ФГБОУ ВПО «МГСУ»**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26;

Степанов В.В., **ФГБОУ ВПО «МГСУ»**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

About authors: **Kudryavtsev Evgeniy Mikhaylovich**, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoye shosse, 129337, Moscow, Russian Federation;

Stepanov V.V., **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Yaroslavskoye shosse, 129337, Moscow, Russian Federation.

Для цитирования:

Кудрявцев Е.М., Степанов В.В. 5D моделирование цепного транспортера в системе КОМПАС-3D // Научно-практический Интернет-журнал «Наука. Строительство. Образование». 2012. Вып. 1. Режим доступа: <http://www.nso-journal.ru>.

For citation:

Kudryavtsev E.M., Stepanov V.V. 5D modeling of a chain conveyor with the help of compas-3d software [Thermal processing of mineral wool carpet]. *Nauchno-prakticheskiy Internet-zhurnal «Nauka. Stroitel'stvo. Obrazovanie»* [Science, construction, education], 2012, no. 1. Available at: <http://www.nso-journal.ru>.