Абдулмажидов Х.А.
Конструирование и анализ напряжений деталей машин природообустройства в
программе Inventor Pro

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева»
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-12-2018-139

idsp: ljjournal-12-2018-139

Аннотация

В статье представлены основы проектирования и их прочностной расчеты, реализуемые в учебном процессе при подготовке бакалавров. Выявлены их недостатки и предложены рекомендации по конструированию деталей, подготовке технической документации, проведению прочностных расчетов с использованием различных модулей машиностроительных компьютерных программ. Представлен анализ напряженных состояний различных конструкций машин природообустройства. Представлены возможности формирования объемных деталей и получения технической документации на изготовление элементов рабочего оборудования технологических машин. Рассмотрены возможности проведения уточненных прочностных расчетов методом конечных элементов с учетом изменения температуры.

Ключевые слова: конструирование элементов рабочего оборудования, прочностной расчет, анализ напряжений, метод конечных элементов, запас прочности, конечные элементы, тетраэдры, проектирование и расчет деталей машин в системе Inventor Pro.

Abstract

The article presents the principles of design and their stress calculations that are implemented in the educational process in the preparation of bachelors. Revealed their shortcomings and proposed recommendations for design details, the preparation of the technical documentation, the holding strength calculations using the various modules of the engineering computer programs. An analysis of the strained state of various designs of machinery management. Features of formation of voluminous details and obtain technical documentation for manufacturing items of work equipment technological machines. Considered the possibility of holding a refined finite element strength calculations taking into account temperature changes.

Keywords: design elements work equipment, calculation, stress analysis, finite element method, margin of safety, finite elements, tetrahedral, design and calculation of machine parts in Inventor Pro system.

Одной из основных составляющих в процессе реализации направлений подготовки бакалавров, специалистов и магистров по кафедре «Машины и оборудование природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях» является конструирование элементов, деталей, конструкций и сборок рабочего оборудования мелиоративных, строительных и дорожных машин. Многие дисциплины так или иначе связаны с конструкциями технологических машин. Темы курсовых проектов, выпускных работ, магистерских диссертаций содержат конструкторскую часть. В основном в этих работах предлагается разработка новых технических решений элементов рабочих органов технологических машин или модернизация уже существующих конструкций.

Если конструктор предлагает новую деталь несущую определенную нагрузку или модернизацию существующего элемента нагруженного распределенной силой и вращающимися моментами, то он обязан представить их прочностной расчет. В курсовых проектах и выпускных работах, выполняемых на кафедре МОПЗЧС прочностные

расчеты, в основном выполняются, однако они имеют несколько упрощенный вид, часто ограничивающийся указанием балки в виде линии на опорах стандартных профилей и сосредоточенной нагрузкой. По мнению некоторых исследователей, такой подход по прочностным расчетам, в определенном смысле, повлиял на формирование громоздких конструкций рабочего оборудования в советское время, когда запас прочности задавался заведомо высокий несмотря на значительный расход металла. Такое решение задачи по анализу напряжений не отражает реальное положение дел, т.е., не учитывается поперечное сечение конструкции и ее масс-инерционные характеристики. Более того конструкции рабочего оборудования мелиоративных и строительных машин часто имеют форму, не соответствующую стандартным профилям [1, 2].

В настоящее время для разработки и проведения прочностных расчетов элементов и конструкций технологических машин широко применяются такие компьютерные программы как SolidWorks, Inventor Pro, ANSYS, а также отечественный продукт Компас.

Для разработки твердотельных объемных элементов используются встроенные модули программ с различными способами получения объектов, таких как выдавливание, вращение и лофтинг. Кроме того, в указанных программах представлена широкая гамма стандартных объемных профилей.

Прочностной расчет в этих программах проводится на основе конечно-элементного анализа деталей, конструкций или сборок. Расчет на прочность методом конечных элементов подразумевает выполнение детали в объеме, задание материала конструкции, определение опор, установку нагрузок в виде сосредоточенной или распределенной силы, задание моментов, разбижку детали на конечные элементы (тетраэдры) и выполнение расчета. Расчет в программе основан на отдельном рассмотрении каждого тетраэдра с последующим интегрированием основных показателей. Результаты выдаются в виде таблиц, рисунков и гистограмм, по которым можно сделать вывод о возможности использования данной конструкции при соответствующих нагрузках. Основным показателем для представления выводов является запас прочности, для стальных конструкций этот параметр обычно находится в пределах от 1,5 до 2, а для чугунных конструкций – от 2 до 2,5 [3, 4, 5].

Иногда в процессе выполнения прочностных расчетов в представленных компьютерных программах возникают ситуации, когда для сложных конструкций в опасных сечениях запас прочности близок к крайним значениям, к примеру, $n = 1,55$. С одной стороны, запас прочности находится в допустимых пределах, а с другой стороны имеется опасное сечение, возникающее в углах или из-за наличия сварного шва. В таких случаях для данного участка конструкции проводят уточненный прочностной расчет, заключающийся в разбижке детали на более мелкие тетраэдры, т.е. в уменьшении их размеров. Таким образом рассмотрение мелких тетраэдров выдает более точных результат, и для данного опасного сечения запас прочности может оказаться равным 1,45, что в конечном итоге не позволяет применить исследуемую конструкцию [6, 7].

По результатам проведенных исследований в системе Inventor Pro выяснено, что при проведении уточненного расчета для конструкции, изготовленной из стали при одних и тех же нагрузках, т.е. при более подробном рассмотрении или уменьшении размеров конечных элементов сетки уменьшается величина запаса прочности. Казалось бы, как может изменяться запас прочности при одних и тех же нагрузках на детали изготовленной из одного и того же материала, это объясняется только лишь более подробным исследованием конструкции.

Из этого следует, что при конструировании элементов необходимо проводить уточненные расчеты наиболее опасных сечений и участков, поскольку при обычном расчете для данных конструкций запас прочности может быть в допустимых пределах, а при уточненном расчете величина запаса меньше требуемой [8].

Кроме отмеченных факторов на запас прочности конструкций влияет и температура, действующая на них в процессе эксплуатации. Как известно, машины

природообустройства, к которым относятся мелиоративные, строительные и дорожные машины, могут работать в диапазоне изменения температуры окружающей среды от -40 до $+40^{\circ}\text{C}$ [9]. Исследования влияния температуры и изменения размеров конечных элементов на прочность конструкции позволит оценить реальное состояние дел при эксплуатации машин. Это можно достичь при проведении двухфакторного эксперимента, когда на целевую функцию – запас прочности, влияют размеры конечных элементов и температура конструкции.

1. Костенко, Н.А. Сопротивление материалов / Н.А. Костенко, С.В. Балясникова, Ю.Э. Волошановская, М.А. Гулин, Е.М. Русанова, О.Н. Тихонова, В.П. Юматов. – М.: Издательство «Высшая школа», 2000. – С. 432.
 2. Абдулмажидов, Х.А. Обоснование основных параметров и режимов работы ковшовых каналоочистительных машин для зоны осушения. – Дис. канд. техн. наук. – М.: МГУП, 2000 г.
 3. Абдулмажидов, Х.А. Трехмерное моделирование элементов машин природообустройства в системе "AUTOCAD" / Х.А. Абдулмажидов // Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 280100 М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, ФГБОУ ВПО Московский гос. ун-т природообустройства. Москва, 2012.
 4. Абдулмажидов, Х.А. Комплексное проектирование и прочностные расчеты конструкций машин природообустройства в системе Inventor Pro / Х.А. Абдулмажидов, А.С. Матвеев // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2016. № 2 (72). С. 40-46.
 5. Абдулмажидов, Х.А. Совершенствование рабочего оборудования каналоочистителя РР-303. Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2011. №2 (47). – С. 58-60.
 6. Абдулмажидов, Х.А. Уточненные прочностные расчеты рабочих органов машин природообустройства в системе Inventor Pro / Х.А. Абдулмажидов, А.С. Матвеев // Международный технико-экономический журнал. 2018. № 3. С. 7-14.
 7. Абдулмажидов, Х.А. Уточненный прочностной расчет элементов машин методом конечных элементов в системе Inventor Pro / Х.А. Абдулмажидов // Тенденции развития науки и образования. 2018. Т. 39. № 3. С. 27-30.
 8. Абдулмажидов, Х.А. Основные задачи конструирования и возможности компьютерных программ при проектировании элементов наземных машин / Абдулмажидов Х.А. // Тенденции развития науки и образования. 2018. Т. 42. № 3. С. 43-45.
 9. Матвеев, А.С. Исследования изменения технического состояния экскаватора - погрузчика эо-2626, в зависимости от времени года / А.С. Матвеев // В сборнике: Техногенная и природная безопасность материалы IV Всероссийской научно-практической конференции. СГАУ им. Н.И. Вавилова. 2017. С. 281-284.
-