© О.В. Белянкина, 2008

УДК 539.413:622.284.54

О.В. Белянкина

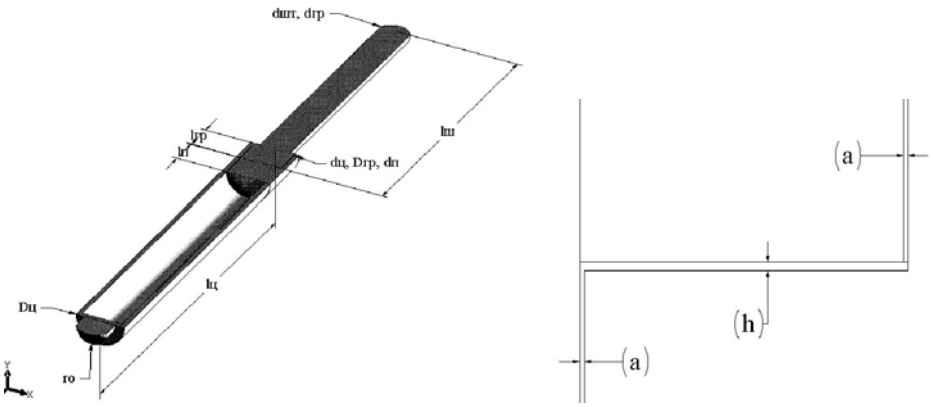
ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СТОЙКИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Рассмотрены вопросы контактного взаимодействия рабочих поверхностей гидростойки механизированной крепи. Параметры контактного взаимодействия определяются методом конечных элементов с использованием программного комплекса SolidWorks-COSMOSWorks. Результаты моделирования напряженного состояния гидростойки на ЭВМ позволяют обосновывать и назначать ее конструктивные параметры.

Семинар № 19

В состав современных механизированных комплексов для добычи угля входит значительное количество гидростоек (стоек). Стойка находится в сложном деформированном состоянии, подвергаясь внецентровому сжатию, поперечному и продольному изгибу. Из-за наличия зазоров в соединениях и эксцентрично приложенной внешней нагрузки возникает перекос штока относительно цилиндра. Характер перекоса зависит от конструктивных параметров стойки и зазоров в соединениях, а также от деформаций поверхностей под действием нагрузок. В результате в местах контакта поршня с цилиндром и штока с грундбуксой возникают значительные контактные напряжения, которые не учитываются при расчетах по действующему отраслевому стандарту [1]. Поэтому оценку напряженного состояния стойки в зависимости от ее конструктивных параметров, действующих нагрузок и величины зазоров в соединениях предложено проводить с использованием метода конечных элементов.

Для моделирования напряженного состояния стойки использован программный комплекс SolidWorks-COSMOSWorks [2]. Предварительно была разработана технология создания твердотельной модели стойки и проведена настройка конечно-элементного комплекса в соответствии с действующими на стойку нагрузками. Основные конструктивные параметры, включенные в модель (рис. 1): наружный ($D_ц$) и внутренний ($d_ц$) диаметр цилиндра, диаметр поршня ($d_п$), диаметр штока ($d_{шт}$), наружный ($D_{гр}$) и внутренний ($d_{гр}$) диаметр грундбуксы, длина цилиндра ($l_ц$), длина штока ($l_{шт}$) и поршня ($l_п$), длина грундбуксы ($l_{гр}$), радиусы опорных элементов (r_o), зазоры в соединениях “цилиндр-поршень” и “грундбукса-шток” (a), осевой зазор между грундбуксой и поршнем (h). Исходные данные для расчета твердотельной модели стойки: рабочее расчетное сопротивление стойки (P), эксцентриситет приложения нагрузки на опорах стойки (e_o), давление рабочей жидкости (Q), ограничения на перемещение опор. При этом давление рабочей жидкости действует на стенку цилиндра, торцевую плоскость поршня и дно внутри цилиндра. Ограничения на перемещения верхней опоры не накладываются, а для нижней опоры запрещены перемещения по всем осям и вращение вокруг них. Сверху



а б

Рис. 1. Основные конструктивные параметры стойки: а – конструктивные параметры включенные в модель; б – зазоры в соединениях “цилиндр-поршень”, “грундбукса-шток”

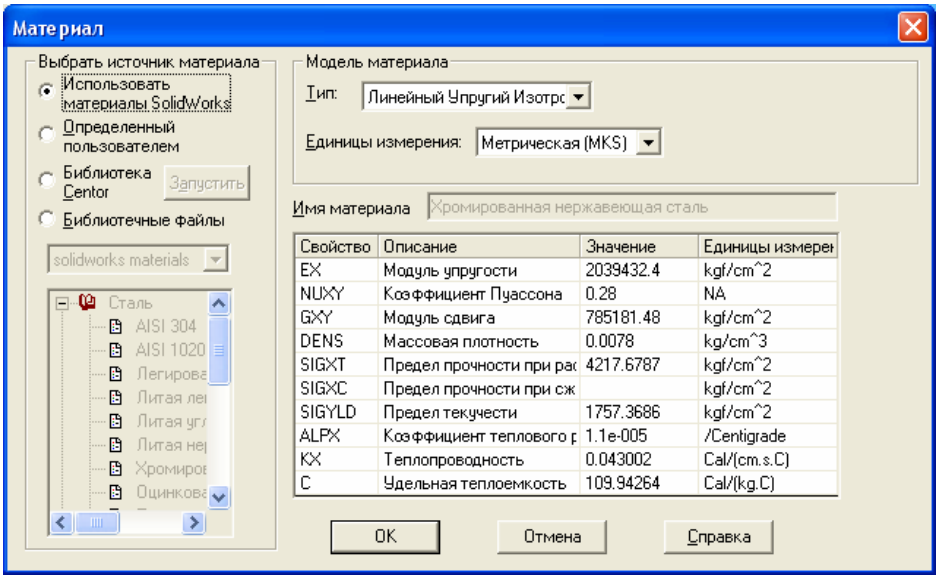


Рис. 2. Физико–механические характеристики материала элемента стойки

на шток действует эксцентрично приложенная нагрузка (P), равная расчетному рабочему сопротивлению стойки. Эксцентриситет приложения нагрузки возникает из-за трения в опорах, зависит от их конструкции и рассчитывается в соответствии с отраслевым стандартом.

Физико-механические характеристики материалов элементов стойки, соот-

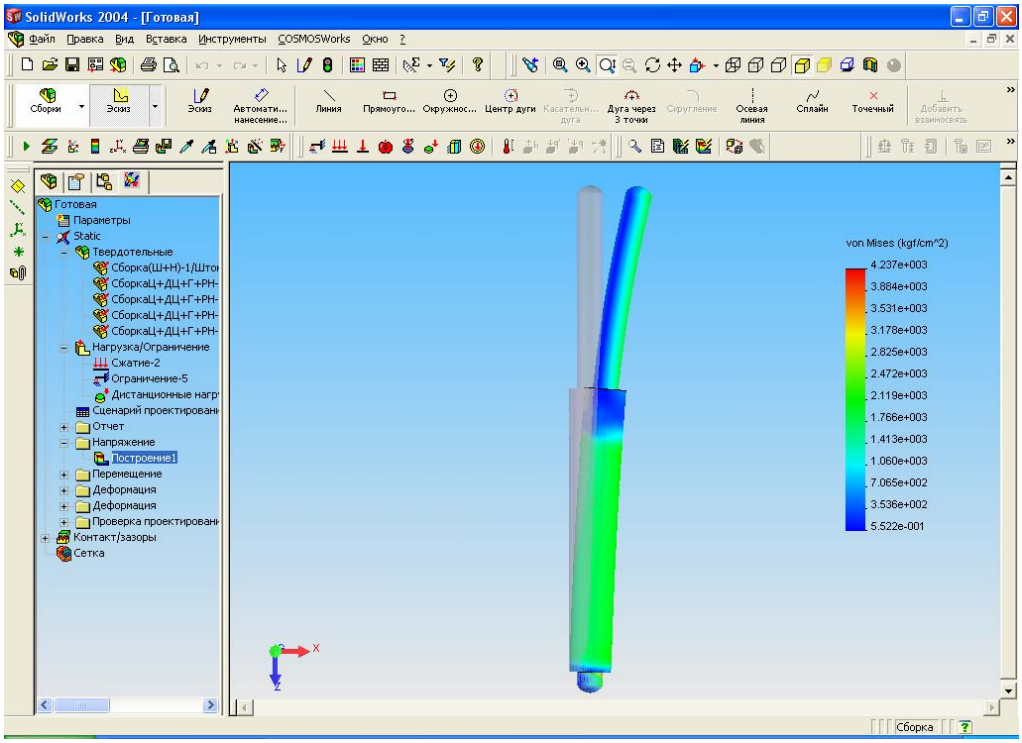


Рис. 3. Деформированное состояние стойки

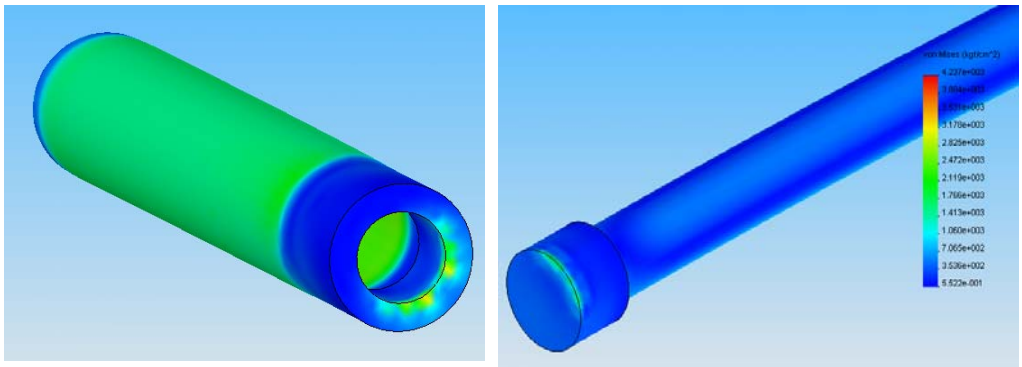


Рис. 4. Области контактного взаимодействия элементов стойки: а – контакт грундбуксы со штоком; б – контакт цилиндра с поршнем

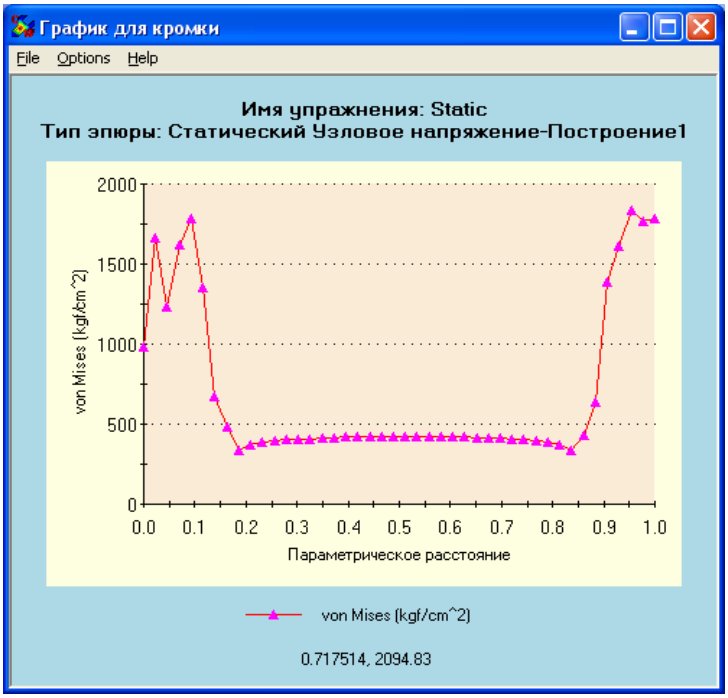
ветствовали перечню, представленному на рис. 2.

При моделировании напряженного состояния стойки было обеспечено ее статическое равновесие согласно известным уравнениям теоретической механики. На основе результатов моделирования напряженного состояния стойки на ЭВМ определяются:

- вид деформированной стойки по сравнению с исходным состоянием

(рис. 3). Помимо выявления деформи- рованного состояния стойки в

а



б

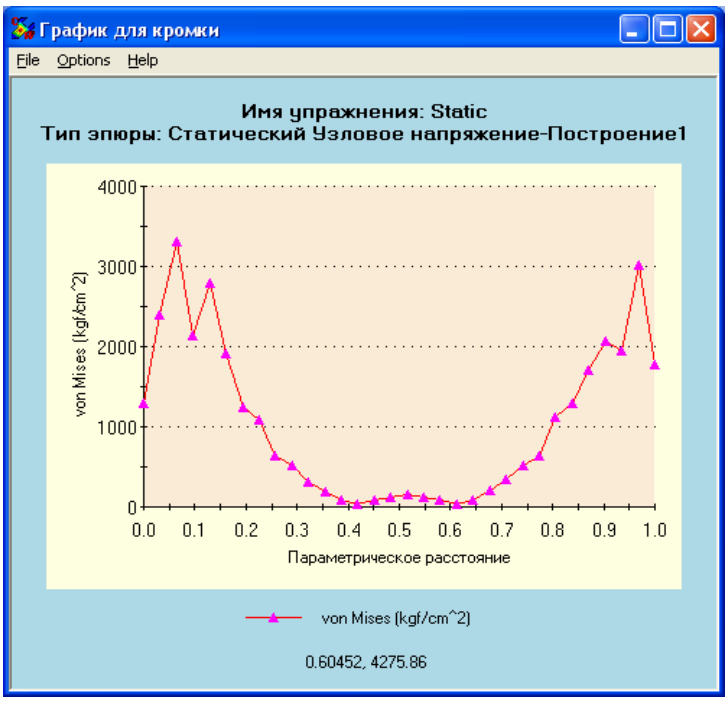


Рис. 5. Распределение напряжений по кромкам: а - эпюра распределения напряжений по кромке грундбуксы; б – эпюра распределения напряжений по кромке поршня

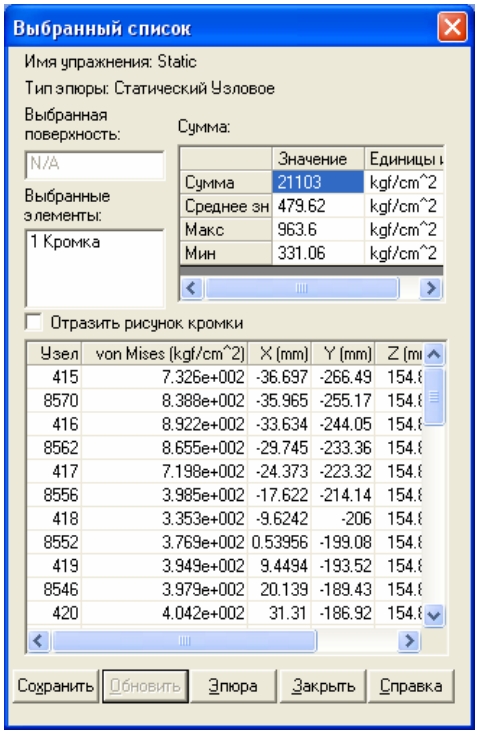


Рис. 6. Таблица результатов моделирования

целом, система фиксирует распределение напряжений в элементах, выделяя их интенсивность соответствующей окраской. Это позволяет определить наиболее нагруженные участки стойки;

- области контактного взаимодействия поршня с цилиндром, штока с грундбуксой (рис. 4) и распределение напряжений по кромкам контактирующих элементов (рис. 5);
- количественные значения силовых параметров, напряжений, деформаций и перемещений выдаются пользователю по запросу в виде таблицы, представленной на рис. 6. По этой таблице можно определить средние, минимальные и максимальные значения запрошенного расчетного параметра на интересующей пользователя поверхности. Кроме того, доступны значения требуемого параметра в любом узле стойки в соответствии с сеткой разбиения на конечные элементы.

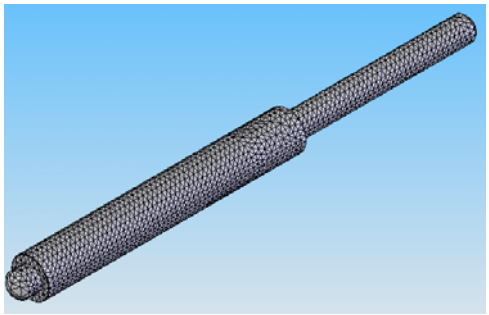


Рис. 7. Сетка конечных элементов стойки

Необходимо отметить, что точность результатов расчетов и продолжительность вычислений, существенным образом зависит от масштаба построения сетки (рис. 7), на которую разбивается модель для последующего расчета. Масштаб сетки мы считали установленным и обеспечивающим требуемую точность, если при дальнейшем увеличении частоты сетки результаты расчетов практически не изменялись (менее 1 %).

Для выявления зависимостей напряжений в элементах стойки от конструктивных параметров было проведено моделирование на ЭВМ напряженных состояний с использованием программного комплекса SolidWorks-COSMOSWorks по следующему алгоритму:

– фиксировался параметр, влияние которого на напряженное состояние стойки необходимо было выявить ($П_i$);

– определялся диапазон изменения зафиксированного параметра ($П_{imin}$- $П_{imax}$);

– на ЭВМ строилась модель стойки, включающая все конструктивные параметры. Значение зафиксированного параметра на первом шаге моделирования (n=1) принималось $П_{i1} = П_{imin}$;

– на ЭВМ моделировалось напряженное состояние стойки, определялись наиболее нагруженные элементы и величина напряжений;

– зафиксированный параметр изменялся на величину (Δ) $П_{in}=П_{imin}+Δ*(n-1)$. Значения всех остальных конструктивных параметров оставались неизменными;

– моделирование продолжалось до тех пор, пока значение зафиксированного параметра не становилось больше $П_{imax}$;

– по значениям напряжений в элементах стойки строилась их зависимость от величины зафиксированного параметра ($П_i$).

По результатам моделирования напряженного состояния стойки при различных значениях конструктивных параметров получены следующие основные зависимости:

– зависимость напряженного состояния стойки от зазоров в соединениях рабочих поверхностей;

– зависимость контактных напряжений от базы заделки;

– зависимость контактных напряжений от эксцентриситета приложения нагрузки;

– зависимость контактных напряжений от величины рабочего сопротивления стойки.

В заключении отметим, что с использованием данных зависимостей можно обосновывать и выбирать конструктивные параметры гидростойки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОСТ 12.44.245 – 83. Крепи механизированные. Стойки и домкраты. Расчет на прочность. Методика проверочного расчета на статическую прочность и устойчивость. – М.: Гипроуглемаш, 1984. – 76 с.

2. *Алямовский А.А.* SolidWorks/COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 432 с.: ил. ГИАБ

Коротко об авторе

Белянкина О.В. – старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения и ремонт горных машин»;

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 19 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. *Л.И. Кантович.*