

зависимости, но очень сложные), то ППП-поиск представляется весьма эффективным методом компьютерных технологий в смысле ранее упомянутой их второй составляющей.

Кроме того, все алгоритмы ППП-поиска легко программируются, допускают диалоговый режим работы. В работе [10] приведена MATLAB-программа датчика псевдослучайных чисел. Также укажем, что общее число варьируемых параметров ≤ 50 , а число вычислительных экспериментов ограничивается только временем счёта каждого варианта.

Литература.

1. Бусленко Н.П., Голенко Д.И., Соболев И.М. и др. Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). - М.: Физматгиз, 1962. - 322 с.
2. Статников И.Н., Фирсов Г.И. О некоторых возможностях ППП-поиска в решении задач моделирования и исследования динамических систем машин // Южно-Сибирский научный вестник. – 2012. - № 1. - С.92-96.
3. Статников И.Н., Фирсов Г.И. Решение задач проектирования динамических систем интеллектуальным методом ППП-поиска // Вестник Московского финансово-экономического университета. 2012. № 1. С.28-33.
4. Статников И.Н., Фирсов Г.И. ППП-поиск и его реализация в среде MATLAB // Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB. - М.: ИПУ РАН, 2004. - С.398-411.
5. Статников И.Н., Андреевков Е.В. ППП-поиск–эвристический метод решения задач математического программирования. - М.:ИИЦ МГУДТ, 2006. - 140 с.
6. Налимов В.В. Теория эксперимента. - М.: Наука, ГРФМЛ, 1982. - 256 с.
7. Соболев И.М. Многомерные квадратурные формулы и функции Хаара. - М.: Наука, ГРФМЛ, 1969. - 288 с.
8. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. - М.: Наука, ГРФМЛ, 1971. - 576 с.
9. Шеффе Г. Дисперсионный анализ. - М.: Наука, ГРФМЛ, 1980. - 512 с.
10. Статников И.Н., Фирсов Г.И. Об одной технологии дискретного зондирования пространства исследуемых параметров // Современные информационные технологии. - Пенза: Пензенская гос. технол. академия, 2004. - С.63-68.

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНЕЧНО ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА СИЛОВЫХ ЦИЛИНДРОВ В SOLIDWORKSSIMULATIONS

*Г.Д. Буялич ***, д.т.н., профессор, А.В. Анучин *, ст. преподаватель, А.А. Дронов *, аспирант*

** Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская область, г.Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8 (38451)-6-05-37

***Кузбасский государственный технический университет*

имени Т.Ф. Горбачева

650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, Россия, тел. +7 (3842)-39-69-40

E-mail:gdb@kuzstu.ru, anuchin_a.v@mail.ru

Введение

Россия является одним из мировых лидеров по производству угля. В ее недрах сосредоточена треть мировых ресурсов угля и пятая часть разведанных запасов – 193,3 млрд т. Из них 101,2 млрд т бурого угля, 85,3 млрд т каменного угля (в том числе 39,8 млрд т коксующегося) и 6,8 млрд т антрацитов. Промышленные запасы действующих предприятий составляют почти 19 млрд т, в том числе коксующихся углей – около 4 млрд т [1].

Основную часть коксующихся углей добывают на шахтах в комплексно-механизированных забоях (КМЗ). Динамика нагрузки на КМЗ за последние 14 лет неуклонно возрастает, но их количество сокращается. Поэтому надежность и долговечность КМЗ выходит на первый план.

Работа КМЗ в основном определяется работой механизированной крепи, основным несущим элементом которой является гидравлическая стойка (рис. 1) [2]. В связи с этим исследования параметров гидравлических стоек (гидростоек) в направлении повышения их работоспособности являются актуальными.

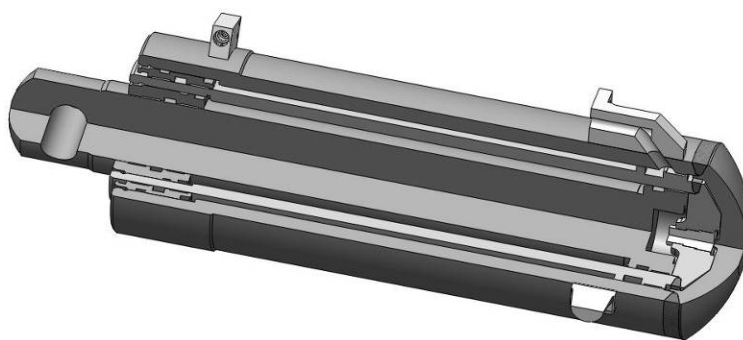


Рис. 1. Гидростойка крепи М138

В настоящее время для решения практических задач твердого тела посредством численных алгоритмов широко используется метод конечных элементов (МКЭ). Для исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) и определения основных параметров гидростоек, была разработана конечно-элементная модель в программной среде SolidWorksSimulation. Данный программный продукт позволяет создать и провести исследования трехмерной модели изделия. Данное приложение широко используется в сфере компьютерных инженерных расчетов, а также для решения различных задач механики деформируемого твердого тела. Кроме этого, используя дополнительный модуль SolidWorksFlowSimulation, данный комплекс позволяет производить моделирование взаимодействия жидких сред металлоконструкциями [3,4].

Для получения достоверных результатов проведения исследований необходимо обоснование параметров трехмерных моделей и граничных условий, в противном случае процесс расчетов может занять длительное время, а полученные результаты моделирования могут иметь большую погрешность. Основная задача для исследования НДС цилиндра гидростойки – это обоснование центрального угла модели α (рис. 2) и определение размера конечного элемента по толщине цилиндра.

Влияние угла α на точность конечно-элементного решения модели цилиндра гидростойки

Исследования проводились на модели цилиндра гидравлической стойки М138. Построение трехмерной модели производилось путем поворота вокруг продольной оси симметрии контуров рабочего цилиндра, дна и сварочного шва на центральный угол α (рис. 2). Для сравнения качества моделей данный угол принимал значения 90° , 180° и 360° . В качестве материала всех перечисленных элементов гидроцилиндра принята сталь 30ХГСА, основные свойства которой составляли: модуль упругости $E=2,05 \cdot 10^{11}$ Па, предел текучести $[\sigma_T]=830 \cdot 10^6$ Па, коэффициент Пуассона $\mu_T=0,3$. Описанные варианты моделей представлены на рис. 3.

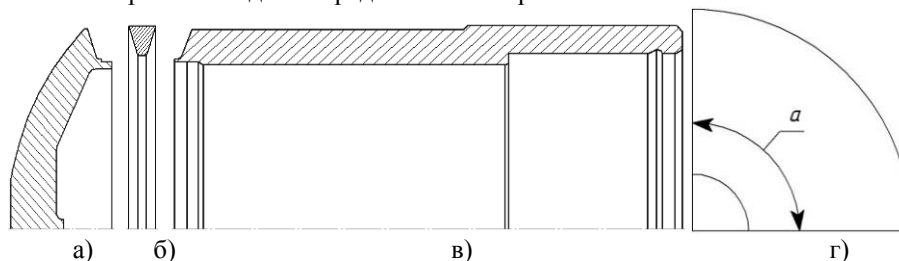


Рис. 2. Контурсы модели цилиндра гидростойки
(а – дно цилиндра; б – сварной шов, в – цилиндр, г – центральный угол α)

Для компенсации воздействия отброшенной части конструкции к поверхностям расчетной модели для угла $\alpha=90^\circ$, 180° , применялось граничное условие "Симметрия". Для всех моделей к сферической части дна цилиндра применялось граничное условие "На сферических гранях" с запретом перемещения вдоль продольной оси цилиндра. При моделировании условий взаимодействия деталей в сборке используется контактное условие "Нет проникновения" с опцией "Поверхность с поверхностью". Сварной шов, соединяющий дно и трубу цилиндра, моделируется отдельной деталью [5–9]. Размер конечного элемента выбирался в соответствии с рекомендациями [10] и составлял 6 мм, тип

используемой сетки: "Сетка на твёрдом теле", используемое разбиение: "Сетка на основе кривизны". Построение сетки производилось в автоматическом режиме.

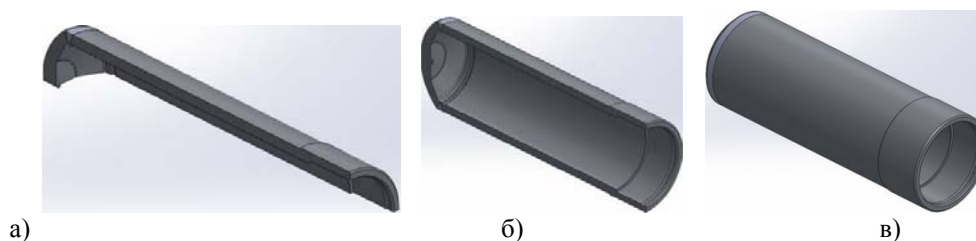


Рис. 3. Конечно-элементные модели цилиндра гидростойки М138
(а – $\alpha=90^\circ$; б – $\alpha=180^\circ$; в – $\alpha=360^\circ$)

Для нагружения модели цилиндра к внутренним поверхностям рабочего цилиндра и дна прикладывалось давление, соответствующее испытательному давлению рабочей жидкости, которое, согласно программе и методике испытаний на прочность для данной гидростойки, составляет $P_{исп}=60$ МПа. Каждая модель нагружалась в четырёх вариантах раздвижности: $0,25H$, $0,5H$, $0,75H$, H , где H – раздвижность штока первой ступени гидростойки М138 (рис. 4).

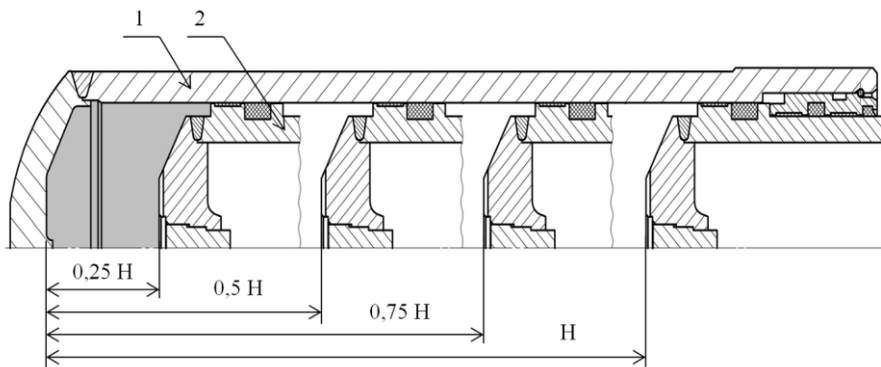


Рис. 4. Расположение штока первой ступени в цилиндре гидростойки М138 при различной раздвижности (1 – цилиндр, 2 – шток первой ступени)

Полученные результаты моделирования снимались для каждой модели в определённых областях зависимости от центрального угла (рис. 5). Для модели с $\alpha=90^\circ$ область снятия данных – № 1, № 2; для модели с $\alpha=180^\circ$ – № 1, № 2, № 3; а для модели с $\alpha=360^\circ$ – № 1, № 2, № 3, № 4.

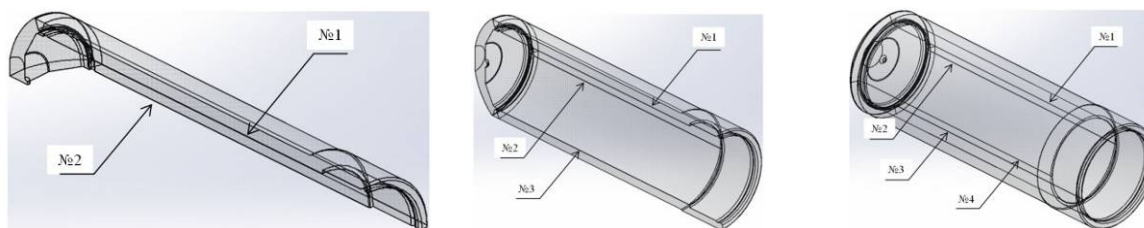


Рис. 5. Области снятия данных с модели для моделей с центральными углами $\alpha=90^\circ$, $\alpha=180^\circ$, $\alpha=360^\circ$

В результате конечно-элементного решения описанных выше моделей были определены напряжения по Мизесу на основе этого – погрешности для различных областей, в которых происходил съём данных (в соответствии с рис. 6). Погрешности вычислялись по сравнению с результатами решения модели с центральным углом $\alpha=360^\circ$, так как она является наиболее полной.

На рис. 5 приведены примеры распределения погрешностей вычислений по длине цилиндра в пределах приложенного давления при раздвижности $L=0,25H$.

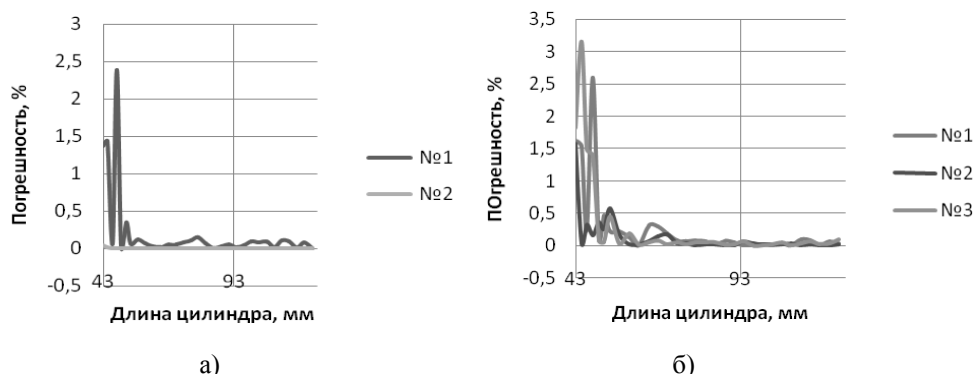


Рис. 6. Пример построения графиков относительной погрешности для моделей с углом: $\alpha=90^\circ$ (а) и $\alpha=180^\circ$ (б) при нагружении цилиндра давлением на $L=0,25H$

Анализ погрешностей, полученных по всем вариантам моделей, показывает, что максимальные их значения составляют для моделей с $\alpha=90^\circ$ от 2,2 до 3,8 %, а для моделей с $\alpha=180^\circ$ – от 2,0 до 4,2 %, при этом максимумы расположены вблизи сварного шва.

Для дальнейших исследований была принята модель с центральным углом $\alpha=90^\circ$, так как она более точная и при её использовании используется меньшее количество элементов, что уменьшает время расчётов.

Влияние сетки конечных элементов

Так как построение сетки производилось автоматически и с заданием точного размера конечного элемента, то программа обрабатывала построение сетки по всей геометрии модели с одним размером элемента (рис. 7). Как видно из рисунка в местах сопряжения, по умолчанию программа не производила уплотнение сетки, что при исследовании показало максимальную погрешность в результатах именно в местах сопряжения сварного шва с цилиндром и дном цилиндра. Необходимо определить размер конечного элемента для цилиндра, дна цилиндра и сварного шва по отдельности.

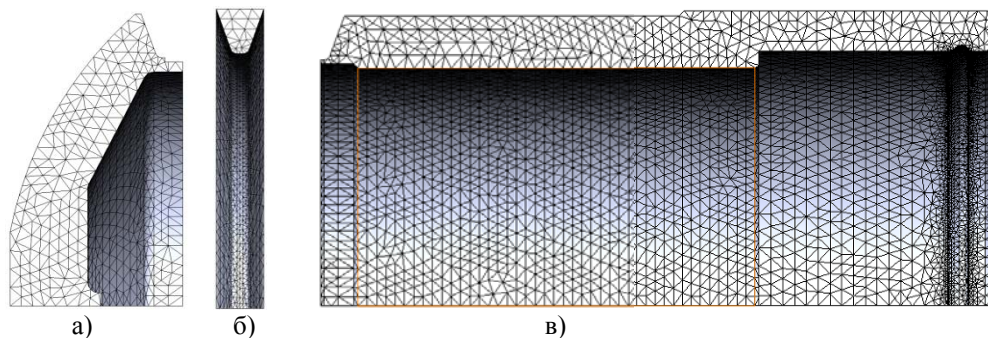


Рис. 7. Построение сетки для модели цилиндра гидростойки в автоматическом режиме (а – дно цилиндра; б – сварной шов, в – рабочий цилиндр)

Величина конечного элемента определялась как отношение толщины (h) стенки цилиндра к количеству целого числа элементов (Δ), помещающихся в стенку цилиндра (h/Δ). Для рассматриваемой гидравлической стойки толщина стенки составляет $h=24$ мм, следовательно, для численных экспериментов с сеткой можно использовать конечные элементы для цилиндра и дна с величиной: 24 мм, 12 мм, 8 мм, 6 мм, 4 мм, 3 мм, 2 мм, 1 мм; для сварного шва: 24 мм, 12 мм, 8 мм, 6 мм, 4 мм, 3 мм, 2 мм, 1 мм, 0,8 мм, 0,5 мм, 0,4 мм.

Были проведены численные эксперименты по определению напряжений по Мизесу, которые показали, что оптимальной величиной для исследования является размер конечного элемента для цилиндра и дна цилиндра равным 4 мм, для сварного шва – 0,4 мм. Уменьшение величины конечного элемента приводит к возрастанию погрешности исследования и увеличивает время расчетов.

Вывод

С точки зрения наименьшей погрешности и максимальной производительности вычислений наиболее рациональной является модель с центральным углом $\alpha=90^\circ$. При этом рациональная величина конечного элемента должна быть равна: для цилиндра и дна – $1/6$, а для сварного шва – $1/60$ от толщины стенки рабочего цилиндра гидростойки.

Литература.

1. Таразанов, И. Итоги работы угольной промышленности России за январь–сентябрь 2013 года. – Уголь. – 2013. – № 12. – С. 57–71.
2. Анализ концентраторов напряжений и усовершенствование конструкции гидростоек / П. В. Бурков, А. В. Воробьев, А. В. Анучин, В. П. Бурков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). – 2011. – Отд. вып. : Горное машиностроение. – С. 172–183.
3. Chinakhov, D. A. Study of Thermal Cycle and Cooling Rate of Steel 30XГСА Single-Pass Weld Joints // Applied Mechanics and Materials Vol. 52–54 (2011) pp 442–447 © (2011) Trans Tech Publication, Switzerland doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.52–54.442.
4. Chinakhov, D. A. Simulation of Active Shielding Gas Impact on Heat Distribution in the Weld Zone // Applied Mechanics and Materials Vol. 762 (2013) pp 717–721 © (2013) Trans Tech Publication, Switzerland doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.762.717.
5. Буялич, Г. Д. Разработка модели для исследования гидростоек на статическую прочность в среде SolidWorks Simulations / Г. Д. Буялич, А. В. Воробьев, А. В. Анучин // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2012 : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 1–2 нояб. 2012 г. В 2-х т. Т. 1. / КузГТУ. – Кемерово, 2012. – С. 153–156.
6. Буялич, Г. Д. Методика составления модели гидростойки механизированной крепи для расчетов методом конечных элементов / Г. Д. Буялич, А. В. Воробьев, А. В. Анучин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). – 2012. – Отд. вып. 7 : Современные технологии на горнодобывающих предприятиях. – С. 257–262.
7. Буялич, Г. Д. Сравнительный анализ твердотельных моделей гидростойки крепи М138 / Г. Д. Буялич, А. В. Анучин // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах : материалы X Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 28–29 нояб. 2013 г. – Кемерово : Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева, 2013. – С. 34–39.
8. Буялич, Г. Д. Влияние размерности модели на расчёт параметров цилиндров гидростоек / Г. Д. Буялич, В. В. Воеводин, К. Г. Буялич // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2004. – № 5. – С. 42–44.
9. Буялич, Г. Д. Результаты расчетов цилиндра с различными типами конечных элементов / Г. Д. Буялич, В. В. Воеводин, К. Г. Буялич // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2007. – № 6. – С. 20–21.
10. Буялич, Г. Д. Оценка точности конечно-элементной модели рабочего цилиндра гидростойки крепи = Estimate of the accuracy of the finite-element model of the cylinder of the hydraulic prop / Г. Д. Буялич, В. В. Воеводин, К. Г. Буялич // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). – 2011. – Отд. вып. 2 : Горное машиностроение. – С. 203–206.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ОБОЛОЧЕК КОРПУСНЫХ ИЗДЕЛИЙ ГЕОХОДА

А.В. Вальтер, к.т.н., В.В. Аксенов, д.т.н., профессор

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская область, г.Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: aavwalter@tpu.ru, 55vva42@mail.ru

Введение

Геоходы, как представители нового класса горных машин [1], обладают рядом особых конструктивных признаков [2]–[4]. Эти признаки обуславливают появление новых задач, связанных с созданием технологий изготовления систем и узлов геоходов [5]. Одной из таких задач является обеспе-