

УДК 628.28

ВЛИЯНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИИ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГИДРОСТОЙКИ

Муравьев О.П., Доненбаев Б.С.

*Карагандинский государственный технический университет Республики Казахстан, Караганда,
e-mail: bahytshan09@mail.ru*

Эффективность работы очистных забоев, оборудованных механизированными комплексами, в значительной степени зависит от технического уровня механизированных крепей, соответствия конструктивных и силовых параметров применяемых крепей горно-геологическим условиям их применения [1]. Основным силовым опорным элементом любой механизированной крепи является гидравлическая стойка, выполняющая функции силового воздействия через перекрытие секции крепи на породы кровли при ее распоре и оказывающая сопротивление с заданной характеристикой опусканию пород кровли в рабочем пространстве, поддерживаемом перекрытием крепи [2, 3]. Гидравлическая стойка представляет собой силовую гидроцилиндр, работающий в сочетании с предохранительным и разгрузочным клапанами и индикатором давления, скомпонованными обычно в едином стоечном гидроблоке [4].

Ключевые слова: работоспособность гидростойки, автоматическая генерация сетки, бисекция, эквивалентные напряжения, сопротивление гидростойки

THE INFLUENCE OF GRANIENIH CONDITIONS ON THE STRESS-DEFORMATION OF THE STATE HYDROSTONE

Muraviev O.P., Donenbaev B.S.

Karaganda state technical university of Republic of Kazakhstan, Karaganda, e-mail: bahytshan09@mail.ru

The efficiency of the production faces, equipped mechanized complexes, largely depends on the technical level of powered roof supports, compliance and constructive power parameters used roof support mining and geological conditions of their application [1]. The main force of the support element of any roof support is a hydraulic strut, performing the functions of the force action through the overlap of the shields on the breed of the roof when it is thrust and resisting a given characteristic a lowering of roof rocks in the workspace, supported by the overlapping shields [2, 3]. Hydraulic strut is a power cylinder coupled a pressure relief and unloading valves and a pressure gauge, usually arranged in a single rack-mount hydraulic unit [4].

Keywords: performance of hydrostone, automatic mesh generation, bisection, equivalent stresses, the resistance of hydrostone

Гидростойка находится в сложном деформированном состоянии, подвергаясь внецентровому сжатию, поперечному и продольному изгибу из-за износа поверхностей. Состояние внутренней поверхности гидроцилиндра и грундбуксы, а также наружных поверхностей штока и поршня и качество их сборки оказывают решающее влияние на долговечность и работоспособность гидростойки. В настоящее время работоспособность отечественных гидростоек существенно ниже зарубежных образцов. Одной из основных причин таких значительных различий является невысокое качество изготовления гидростоек. Прежде всего, это относится к точности сопрягаемых поверхностей соединений. Эксплуатационные характеристики различных гидростоек из партии, собранных с такой точностью, различаются более чем в два раза.

Из-за наличия зазоров в соединениях возникает перекос штока относительно цилиндра и кроме продольных усилий в конструкции возникают изгибающие моменты. В результате этого перекоса в местах контакта поршня с цилиндром

и штока с грундбуксой возникают значительные контактные напряжения, величина которых зависит от точности соединений и качества сборки сопрягаемых поверхностей. При определенных значениях контактных напряжений упругие деформации переходят в пластические, на поверхностях возникают задиры и риски, увеличивается интенсивность их изнашивания. В результате этих процессов резко уменьшается работоспособность соединений.

Цель исследования

Исследование и анализ напряженно-деформированного состояния гидростойки механизированной крепи.

Материалы и методы исследования

С целью расчета механизированной крепи GLINK 21/45-POz является определение влияния на НДС граничных условия. Была предложена рассчитать с разными закреплениями.

Гидравлические стойки представляют собой двух-, трех-, а иногда четырехступенчатые телескопические стержневые конструкции, имеющие различные геометрические характеристики и длину каждой ступени. Возможные перекосы

смежных ступеней на угол γ образуются за счет конструктивных зазоров и технологических дефектов между цилиндром, поршнем, набавляющей втулкой и штоком [5].

Гидравлические стойки нагружены в основном сжимающими их усилиями. Гидроцилиндры могут быть нагружены как сжимающими, так и растягивающими усилиями. Основной расчетной схемой гидравлической стойки, шарнирно опертой по концам, является нагруженная эксцентрично приложенным сжимающим усилием P . При этом цилиндры гидростоек и штоки первой ступени стоек с двойной раздвижностью подвержены действию внутреннего давления рабочей жидкости и изгибающего момента от эксцентрично приложенной внешней нагрузки, штоки домкратов и стоек одинарной раздвижности и штоки второй ступени стоек двойной раздвижности работают на сжатие и изгиб. Вследствие этого гидравлические стойки и гидродомкраты рассчитывают прочность.

Проведем расчет гидростойки GLINIK 21/45-POz на прочность. Рассмотрим расчетные схемы гидростойки с шарнирным опиранием концов двойной раздвижности.

Расчетное сопротивление гидростойки вычисляется следующим образом:

$$P = 1,25 N_{pc} = 1,25 p \cdot A = 1,25 \cdot 41,5 \cdot 10^6 \times \\ \times 125600 \cdot 10^{-6} = 1,25 \cdot 5212400 = 6515500 \text{ Н}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 400^2}{4} = 125600;$$

$$p = 41,5 \text{ МПа}$$

где 1,25 – коэффициент, учитывающий возможный заброс давления срабатывания предохранительного клапана;

N_{pc} – номинальное рабочее сопротивление гидростойки, Н;

A – площадь поршня, м²;

p – давление срабатывания клапана, Па.

Из условия, которое выше отмечалось, что конструкция крепи позволяет получения таких же сопротивлений в обеих ступенях определим силы давления в полостях цилиндра и штока.

Площадь первой ступени

$$A_1 = \frac{\pi D^2}{4} = 125600 \text{ мм}^2;$$

площадь второй ступени:

$$A_2 = \frac{\pi D_n^2}{4} - \frac{\pi D_{dm}^2}{4} + \frac{\pi D_{dn}^2}{4} =$$

$$= \frac{\pi}{4} (330^2 - 110^2 + 250^2) \approx 125600 \text{ мм}^2.$$

где D – внутренний диаметр цилиндра;

D_n – внешний диаметр плунжера;

D_{dn} – диаметр дополнительного поршня;

D_{dm} – внешний диаметр дополнительного штока.

Давление в полостях гидростойки было определено из соотношении:

$$\frac{P}{D^2} = \frac{P_2}{D_n^2 - D_{dm}^2} = \frac{P_3}{D_{dn}^2};$$

$$\frac{P}{1600} = \frac{P_2}{968} = \frac{P_3}{625}.$$

Давление в полости цилиндра второй ступени:

$$P_2 = P \frac{968}{1600} = 41,5 \frac{968}{1600} = 25,2 \text{ МПа.}$$

Давление в полости штока второй ступени:

$$P_3 = P \frac{625}{1600} = 41,5 \frac{625}{1600} = 16,3 \text{ МПа.}$$

В качестве наихудшего режима нагружения выбрана расчетная схема при частично выдвинутом положении ступени. Расчеты выполнены многофункциональном программном комплексе ANSYS Workbench 14.0.

Выбран тип анализа – статический (Static Structural). 3D модель гидравлической стойки GLINIK 21/45-POz была построена в AutoCAD 2010 и последующим импортирован в Design Modeler.

С целью экономии машинного времени была построена 1/4 часть гидравлической стойки по осям симметрии. А также были упрощены сингулярные места гидростойки (резкие переходы), которые могли привести недостоверным результатам. В разделе Design Modeler для приложения давления (p , p_1 , p_2) в полости созданы именованные группы, т.е. поверхности были соединены единные блоки.

Далее все остальные операции производились в разделе Static Structural – Mechanical. Здесь же присвоены механические характеристики используемого материала 30ХГСА, который был создан в разделе Engineering Data.

В ANSYS Workbench возможно моделирование контактного взаимодействия без задания точного совпадения на границе узлов сетки контактирующих деталей. Специальные контактные элементы образуют особый поверхностный слой в области контакта и позволяют задавать параметры взаимодействия деталей. Сетки на контактирующих поверхностях различных деталей могут быть неидентичными. Допускается контакт сеток, образованных произвольно гексаэдрическими и тетраэдрическими элементами. Такой подход к моделированию контакта допускает задание различной плотности сетки контактирующих деталях [6, 9]. Моделирование зон контакта в районе грядбуксы и поршня выполнено исходя из контактных задач с выделением целевой и контактной поверхностей и возможности их скольжения между собой, указанием коэффициента трения стали по стали принятой равным 0,15.

Генерация сетки является неотъемлемой частью процесса численного моделирования в ANSYS. Качество расчетной сетки оказывает большое влияние на точность получаемых результатов, сходимость процесса и на время решения (количество СЛАУ), необходимое для решения задачи. Время, затрачиваемое на создание сеточной модели зачастую соизмеримо со временем, уходящим на весь процесс моделирования исследуемого объекта [6, 7, 8].

Таким образом, качественные построения сеток, позволяют получать быстрое и достоверное решение.

Сетка генерируется на геометрической модели и является основой для составления и решения системы уравнений в матричном виде. Существует два способа генерации сетки [6, 9].

– автоматическая генерация сетки с настройками по умолчанию при запуске на решение. При этом имеется возможность предварительно просмотреть сетку (команда Preview) до запуска на расчет, чтобы оценить её соответствие поставленной задаче [52, 61];

– генерация сетки с предварительно задаваемыми пользователем установками. В этом случае пользователь самостоятельно определяет особенности создаваемой сетки и задает значения необходимых параметров [6, 9].

В нашей исследуемой задаче генерировалась по первому способу. Однако, выбрав позицию Refinement (измельчение сетки) выпадающего меню Mesh Control панели инструментов, сетка измельчалась в области выделенных ребер, зон контакта и поверхностей. Использование Refinement является простым способом локального изменения предварительной грубой сетки [6, 9].

Одним из важных стадий подготовки к проведению расчета и получения положительных результатов является определение механических воздействий, на исследуемый объект.

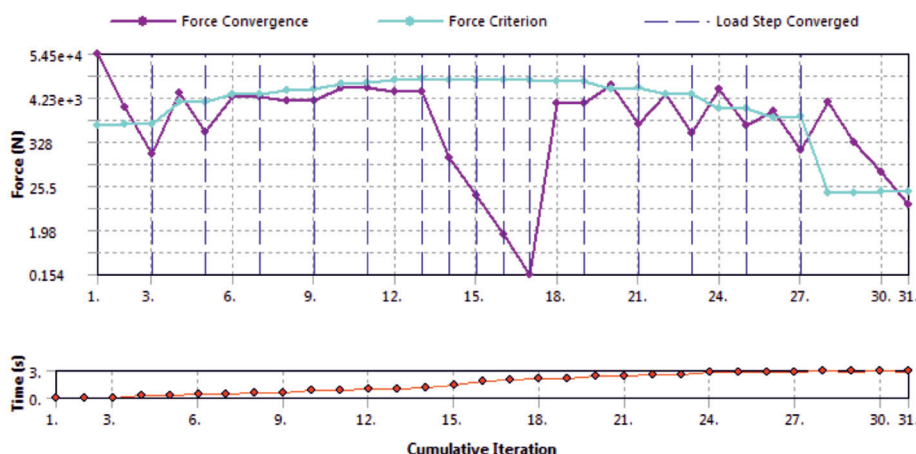
Обычно механическое воздействие определяется на границе созданной модели. Под терминами «ограничение» и «нагрузка» понимаются все разнообразные факты, которые истекает как на поверхностях твердого тела, так и в отдельных точках внутри него. Под «ограничением» в Workbench понимается: закрепление, то есть ограничение

перемещений и вращений в статическом анализе, либо определение температуры при решении задач теплообмена; а под «нагрузкой» – приложение механических взаимодействий между телами (сосредоточенных или распределенных сил) [6, 9].

Задание внешних сил и накладывание ограничений выполняется в Workbench в модуле симуляции.

Графическое окно модуля симуляции в процессе работы отображает информацию о характере нагрузок, их величине, в том числе и по компонентам относительно осей координат, направлении их действия, единицах измерения величины, точки ее приложения или области воздействия. Направление нагрузок обозначается объемными цветными стрелками со специальными значками. Буква латинского алфавита в значке дает возможность определить по тексту в правом верхнем углу графического окна, какая нагрузка или ограничение обозначена данной стрелкой. Кроме того, цветом выделены поверхности приложения различных нагрузок [6,7,8]. Расчеты велись с разными граничными условиями, т.е. шарнирно опертым по концам и защемленной на дне цилиндре (консольная).

Задание внешних статических сил осуществлялась переменной симулирующей процесс загрузки и разгрузки гидравлической стойки крепи GLINIK 21/45-POz.



Процесс сходимости численного метода при расчете гидростойки

Граничные условия	Шарнирное закрепление концов	Консольное (жесткое заделка) закрепление	Погрешность
Элементы			
Максимальные эквивалентные напряжения, МПа			
Шток II степени	785	797	1,5%
Цилиндр	351	351	0%
Проушины	607	607	0%
Максимальные осевые перемещения, мм			
II степень	– 0,004804	– 0,004924	– 2,4%
I степень	– 0,4619	– 0,3607	28,1%
Цилиндр	– 0,003368	– 0,003565	– 5.5%

Запуск на расчет в Workbench выполняется нажатием кнопки у Solve на панели инструментов. После чего выводится окно, в котором отображается ход процесса вычислений [6, 9].

Ниже отображен Force Convergence, в которой изображен графически процесс сходимости численного метода. На графике синие вертикальными штриховыми линиями отмечаются итерации, на которых достигнута сходимость подшага и шага нагружения, а также моменты бисекции (bisection), при которых решателькратно уменьшает размер подшага и начинает итерировать заново с последнего момента до сих пор пока не достигнет сходимости. Необходимость в бисекции на подшаге определяется решателем автоматически, но пользователь может управлять этим алгоритмом [6, 9].

Методологической основой является выявление зависимости между всеми основными действующими факторами в процессе эксплуатации гидравлической стойки и на этой основе выявление закономерностей влияющих на повышения работоспособности гидростойки.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования получены на основе положений технологии машиностроения, теории упругости и пластичности, теории сплошных сред, метода конечных элементов.

В работе использовались теоретические и экспериментальные основы методы технологического обеспечения работоспособности гидравлической стойки.

Хотелось отметить, что достоверность результатов расчетов и время вычислений, существенным образом зависят от построения сетки, на которую генерируется модель для последующего расчета. Масштаб сетки проверялся в опцией Convergence установленным шагом и обеспечивающим требуемую точность, т.е. при дальнейшем увеличении частоты сетки результаты

расчетов практически не изменялись и составило 10 %.

Результаты моделирования в Ansys WB показали, что влияние на граничных условия на НДС незначительное. И результаты сравнения напряжений и осевых перемещении представлены в таблице.

Выводы

Результаты эксперимента по определению влияние граничных условий на напряженно-деформированное состояния показали, что при шарнирном соединении эквивалентные напряжения ниже чем в жесткой заделке, а осевые перемещения вдоль оси исследуемого объекта выше.

Список литературы

1. Жетесов С.С., Нургужин М.Р., Жетесова Г.С. Развитие теории расчета механизированных крепей. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2003. – 160 с.
2. Солод В.И., Гетопанов В.Н., Рачек В.М. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов. – М.: Недра, 1982. – 350 с.
3. Гидропривод механизированных крепей и пути его развития (обзор). Под ред. В.В. Вавилова. – М., ЦНИЭИ уголь, 1971. – 87 с.
4. Жетесова Г.С. Влияние горно-геологических условий на работу механизированных крепей // Вестник Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева. – Алматы.
5. Хорин В.Н. Расчет и конструирование механизированных крепей. – М.: Недра, 1988. – 25 с.
6. Инженерный анализ в ANSYS Workbench часть I: Учеб. пособ. / В.А. Бруяка, В.Т. Фокин, Е.А. Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеянов. – Самара: Самар, гос. техн. ун-т, 2010. – 271 с.
7. Вержбицкий В.М. Основы численных методов: Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2005. – 840 с.
8. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы / Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 428 с.
9. Инженерный анализ в ANSYS Workbench часть II: учеб. пособ. / В.А. Бруяка, В.Т. Фокин, Я.В. Кураева. – Самара: Самар, гос. техн. ун-т, 2013. – 149 с.