

УДК 622.285

**МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ СИЛОВЫХ
ГИДРОЦИЛИНДРОВ НА СТЕНДЕ**

М. А. Бяков, Г. Д. Буялич, проф., д.т.н., К. Г. Буялич, доцент, к.т.н.
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

По итогам работы угольной промышленности Российской Федерации за последние несколько лет [1] отмечается стойкая тенденция к увеличению нагрузки на комплексно механизированные забои, что предопределяет повышенные требования к надёжности работы силового гидравлического оборудования. В механизированных крепях гидростойки являются основным элементом, непосредственно воспринимающим горное давление и от работоспособности которого зависит работоспособность комплексно механизированного забоя в целом.

Детальные исследования деформаций рабочих цилиндров под нагрузкой [2, 3] показывают, что основным фактором, определяющим герметичность силовых гидроцилиндров, является величина уплотняемого зазора. Численное значение этого зазора складывается из радиальных деформаций рабочего цилиндра под действием рабочей жидкости, разницы полей допусков на изготовление рабочего цилиндра и поршня, а также из дополнительной деформации цилиндра вследствие перекоса штока и цилиндра, вызванного внецентренным приложением внешней нагрузки на силовой гидроцилиндр из-за конструктивных особенностей расположения гидростойки в секции механизированной крепи [4]. При этом величина уплотняемого зазора становится недопустимо великой, что приводит к уменьшению контактных давлений материала манжеты на уплотняемые поверхности и, как следствие этого, к потере герметичности гидростойки [5].

Шахтные исследования параметров резких осадков кровли [6–9] показали, что скорость перемещения штоков гидростоек достигает более 3 м/с. При таких высоких скоростях предохранительные клапаны срабатывать не успевают [10] и, кроме того, такие большие расходы рабочей жидкости сопровождаются эффектом дросселирования каналов гидроблока, из-за чего в поршневой полости гидростойки происходит «заброс» давления рабочей жидкости, достигающий двукратной величины от номинального рабочего давления. Это дополнительно увеличивает радиальные деформации рабочего цилиндра и уплотняемый зазор. Для снижения динамических нагрузок на крепь необходимо применять специальные мероприятия [11–13].

К дополнительному увеличению уплотняемого зазора приводят и частотные колебания блоков непосредственной и основной кровли при хрупком разрушении их пород [14–17] во время первичных и вторичных осадков.

Для правильной оценки реальных зазоров между поршнем и рабочим цилиндром, чтобы правильно подобрать параметры уплотняющих манжет и свойства их материалов, предлагается следующая методика измерений [18].

Силовой цилиндр (гидростойка) (рис. 1) с поршнем 1, штоком 2, рабочим цилиндром 3 и манжетой 7 устанавливается на стенде с направляющими 4 и нагрузочным устройством 6, через которое прикладывается внешняя нагрузка P .

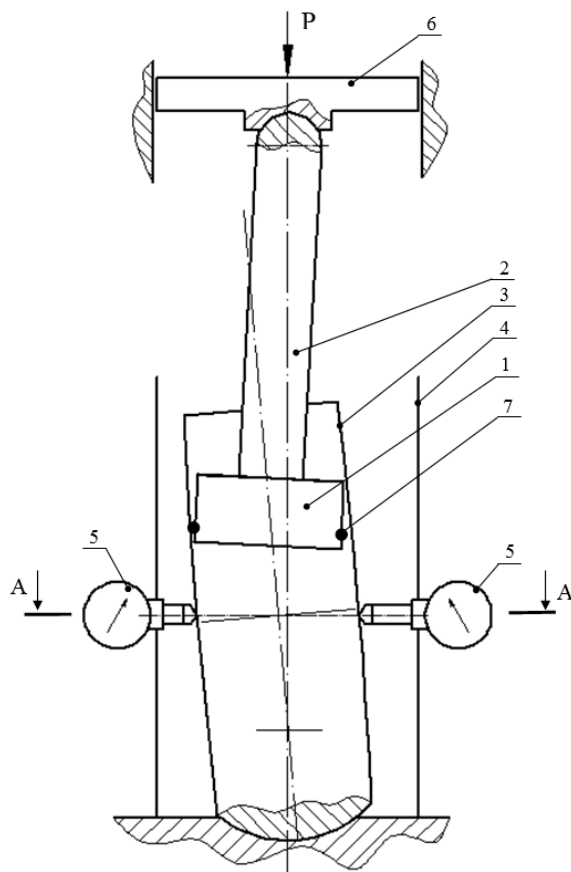


Рис. 1 – Установка силового цилиндра на стенде

В требуемом для измерения сечении устанавливаются четыре измерительных устройства 5 (индикаторы), которые расположены во взаимно перпендикулярных направлениях (рис. 2, 3). Варианты размещения измерительных устройств приведены в работах [19–24].

После фиксации показаний измерительных устройств производят нагружение гидростойки внешней нагрузкой P до требуемого давления и производят повторное снятие показаний с измерительных устройств 5.

По разнице показаний индикаторов δ_1 , δ_2 , δ_3 и δ_4 производят расчёт углов перекоса штока и цилиндра по направлениям x и y по следующим зависимостям:

$$\delta_1 - \delta_3 = 2L[\sin\alpha_x + (1 - \cos\alpha_x)\operatorname{tg}\alpha_x],$$

$$\delta_2 - \delta_4 = 2L[\sin\alpha_y + (1 - \cos\alpha_y)\operatorname{tg}\alpha_y],$$

где α_x и α_y – углы перекоса в направлении осей x и y ;

L – расстояние от шарнирной опоры цилиндра 3 до плоскости измерения.

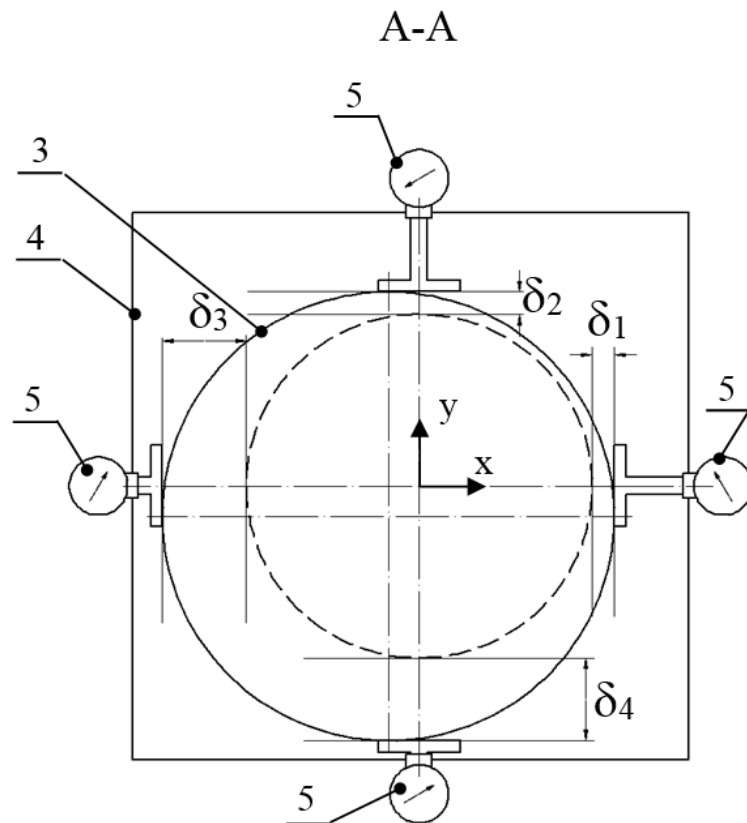


Рис. 2 – Разрез по А-А на рис. 1. Схема установки измерительных элементов

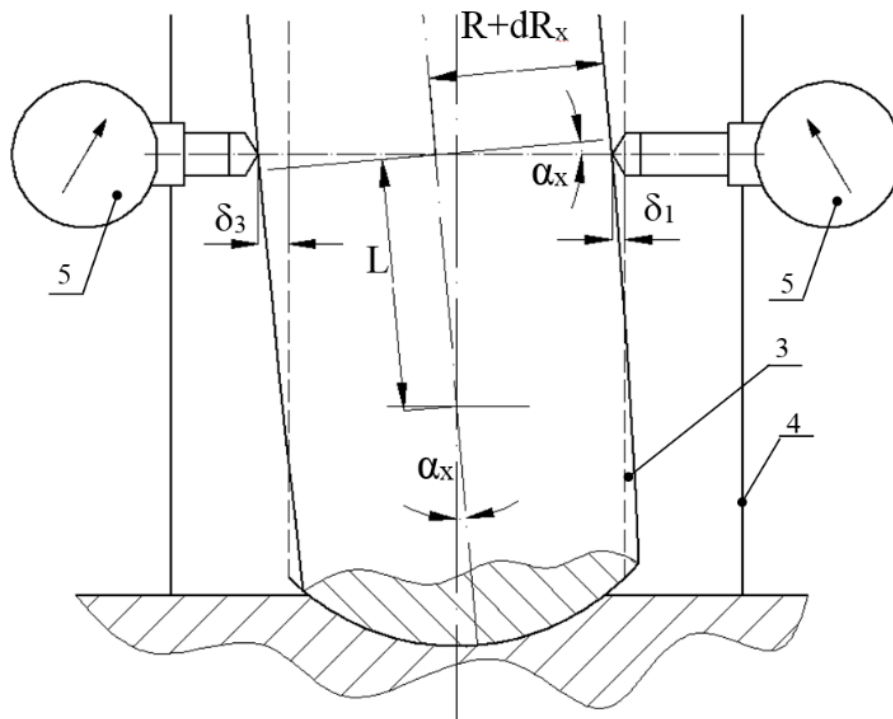


Рис. 3 – Расчётная схема для определения деформаций рабочего цилиндра и перекосов штока



Рис. 4 – Измерение перемещений рабочего цилиндра гидростойки двойной гидравлической раздвижности на стенде

По найденным значениям α_x и α_y определяют радиальные деформации рабочего цилиндра dR_x и dR_y в направлении осей x и y :

$$\delta_3 = L \sin \alpha_x + (R + dR_x)(\cos \alpha_x + \sin \alpha_x \operatorname{tg} \alpha_x) + L(1 - \cos \alpha_x) \operatorname{tg} \alpha_x - R,$$

$$\delta_4 = L \sin \alpha_y + (R + dR_y)(\cos \alpha_y + \sin \alpha_y \operatorname{tg} \alpha_y) + L(1 - \cos \alpha_y) \operatorname{tg} \alpha_y - R,$$

где R – радиус рабочего цилиндра перед приложением внешней нагрузки.

Абсолютные деформации рабочего цилиндра и углов перекоса определяют векторным сложением полученных выше величин.

На рис. 4 приведено измерение деформаций рабочего цилиндра гидростойки на стенде.

Предложенная методика измерений деформаций рабочего цилиндра и перекосов штока и цилиндра позволяют достоверно определить их реальные значения для последующих действий по подбору и расчёту уплотнительных элементов.

Список литературы:

1. Таразанов, И. Г., Губанов Д. А. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2020 года / И. Г. Таразанов, Д. А. Губанов // Уголь. – 2021. – № 3. – С. 27–43. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-3-27-43.
2. Разработка модели для исследования шахтных гидравлических стоек двойной раздвижности / Буялич Г. Д., Бяков М. А., Буялич К. Г., Увакин

С. В. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № S65. – С. 21–28. – ISSN 0236-1493. – DOI: 10.25018/0236-1493-2018-12-65-21-28.

3. Исследование радиальных деформаций гидростоек двойной гидравлической раздвижности / Бяков М. А., Буялич Г. Д., Буялич К. Г., Увакин С. В. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2020. – № 1. – С. 133–140. – ISSN 0236-1493. – DOI: 10.25018/0236-1493-2020-1-0-133-140.

4. Классификация факторов, оказывающих влияние на работу манжетных уплотнений гидростоек механизированных крепей / Бяков М. А., Буялич Г. Д., Буялич К. Г. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 12 (S65). – С. 29–37. – ISSN 0236-1493. – DOI: 10.25018/0236-1493-2018-12-65-29-37.

5. Buyalich, G. D. Modeling of Hydraulic Power Cylinder Seal Assembly Operation / Buyalich G. D., Buyalich K. G. // Mining 2014 : Taishan Academic Forum – Project on Mine Disaster Prevention and Control : Chinese Coal in the Century: Mining, Green and Safety, China, Qingdao, 17–20 October 2014. – Amsterdam – Paris – Beijing : Atlantis Press, 2014. – P. 167–170. – (Advances in Engineering Research, ISSN 2352-5401). – ISBN 978-94-62520-28-8.

6. Буялич, Г. Д. Оценка характера взаимодействия крепи с труднообрушаемой кровлей // Совершенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых : сб. науч. тр. / Ассоциация «Кузбассуглетехнология». – Кемерово, 1995. – № 9. – С. 35–37.

7. Буялич, Г. Д. Экспериментально-теоретическая оценка и обоснование параметров механизированных крепей для сложных горно-геологических условий пологих угольных пластов : автореферат дис. ... док-р техн. наук : 05.05.06 / Буялич Геннадий Даниилович. – Кемерово, 2004. – 32 с.

8. Контактное и силовое взаимодействие механизированных крепей с боковыми породами / Б. А. Александров, Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, В. И. Шейкин. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2003. – 130 с.

9. Особенности взаимодействия механизированных крепей с боковыми породами в сложных горно-геологических условиях пологих и наклонных пластов / Б. А. Александров, Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, Ю. М. Леконцев, М. Г. Лупий. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2002. – 144 с.

10. Буялич, Г. Д. Исследование работы предохранительного клапана ЭКП в период резких осадок кровли / Г. Д. Буялич, Ю. М. Леконцев, Б. А. Александров // Механизация горных работ : межвуз. сб. науч. тр. / Кузбас. политехн. ин-т. – Кемерово, 1978. – Вып. 2. – С. 49–55.

11. Буялич, Г. Д. О направлении снижения напряженно-деформированного состояния призабойной зоны угольного пласта / Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, В. И. Шейкин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № S2 : Горное машиностроение. – С. 198–202.

12. Александров, Б. А. Влияние начального распора механизированной крепи на частоту и интенсивность резких осадок кровли / Б. А. Александров, Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2002. – № 6. – С. 21–22.

13. Буялич, Г. Д. Механизм взаимодействия механизированных крепей с кровлями угольных пластов / Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, В. И. Шейкин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – № S3 : Горное машиностроение. – С. 122–125.

14. Буялич, Г. Д. Моделирование динамических колебаний блока кровли / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Инновации в технологиях и образовании : сб. ст. VII Между-нар. науч.-практ. конф., Белово, 28–29 марта 2014 г. в 4 ч. Ч. 1 / Филиал КузГТУ в г. Белово. – Белово, Велико Тырново : Изд-во филиала КузГТУ в г. Белово, изд-во ун-та «Св. Кирилла и Св. Мефодия, 2014. – С. 115–119.

15. Буялич, Г. Д. О форме динамических колебаний блока кровли при реакции крепи в виде сосредоточенной силы / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Перспективы инновационного развития угольных регионов России: сб. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф., Прокопьевск, 4–5 марта. 2014 г. – Прокопьевск: изд-во филиала КузГТУ в г. Прокопьевске, 2014. – С.133–134.

16. Буялич, Г.Д. О динамических колебаниях блока кровли при реакции крепи в виде распределенной нагрузки / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности : сб. тр. XVI Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 7–10 окт. 2014 г. [Электронный ресурс] – Кемерово : СО РАН, КемНЦ СО РАН, ИУ СО РАН, Кузбас. гос. техн. ун-т, ООО КВК «Экспо-Сибирь», 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD–ROM). – Загл. с этикетки диска. – ISBN 978-5-902305-42-2. – С. 108–110.

17. Фофанов, А. А. К вопросу о частотах колебаний пород основной кровли при вторичных обрушениях / А. А. Фофанов, В. В. Дырдин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 3. – С. 9–12.

18. Способ определения деформаций гидроцилиндра под нагрузкой с шарнирными опорами штока и цилиндра : пат. на изобретение 2708915 РФ : МПК E21D 15/44 (2006.01) / Буялич Г. Д., Бяков М. А., Буялич К. Г., Хуснутдинов М. К., Ананьев К. А., Увакин С. В., Умрихина В. Ю., Анучин А. В. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2019121117 ; заявл. 03.07.2019 ; опубл. 12.12.2019, Бюл. № 35. – 11 с

19. Стенд для определения радиальных деформаций гидроцилиндра под нагрузкой : пат. на полезную модель 194631 РФ : МПК G01N 3/08 (2006.01) / Буялич Г. Д., Бяков М. А., Буялич К. Г., Хуснутдинов М. К., Ананьев К. А., Увакин С. В., Умрихина В. Ю., Анучин А. В. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им.

Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2019130779 ; заявл. 27.09.2019 ; опубл. 17.12.2019, Бюл. № 35. – 9 с.

20. Стенд для определения радиальных деформаций гидроцилиндра под нагрузкой : пат. на полезную модель 194767 РФ : МПК E21D 15/44 (2006.01) / Буялич Г. Д., Бяков М. А., Буялич К. Г., Хуснутдинов М. К., Ананьев К. А., Увакин С. В., Умрихина В. Ю., Анучин А. В. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2019130778 ; заявл. 27.09.2019 ; опубл. 23.12.2019, Бюл. № 36. – 10 с.

21. Стенд для определения радиальных деформаций гидроцилиндра под нагрузкой : пат. на полезную модель 194863 РФ : МПК E21D 15/44 (2006.01) / Буялич Г. Д., Бяков М. А., Буялич К. Г., Хуснутдинов М. К., Ананьев К. А., Увакин С. В., Умрихина В. Ю., Анучин А. В. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2019125100 ; заявл. 06.08.2019 ; опубл. 25.12.2019, Бюл. № 36. – 7 с.

22. Стенд для определения радиальных деформаций гидроцилиндра под нагрузкой : пат. на полезную модель 195048 РФ : МПК G01N 3/08 (2006.01) / Буялич Г. Д., Бяков М. А., Буялич К. Г., Хуснутдинов М. К., Ананьев К. А., Увакин С. В., Умрихина В. Ю., Анучин А. В. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2019130134 ; заявл. 24.09.2019 ; опубл. 14.01.2020, Бюл. № 2. – 11 с.

23. Гидравлическая стойка шахтной крепи : пат. на полезную модель 191999 РФ : МПК E21D 15/44 (2006.01) / Буялич Г. Д., Бяков М. А., Буялич К. Г., Увакин С. С., Умрихина В. Ю. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2019103293 ; заявл. 06.02.2019 ; опубл. 29.08.2019, Бюл. № 25. – 7 с.

24. Гидравлическая стойка шахтной крепи : пат. на изобретение 2702781 РФ : МПК E21D 15/44 (2006.01) / Буялич Г. Д., Бяков М. А., Буялич К. Г., Увакин С. С., Умрихина В. Ю. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2019103289 ; заявл. 06.02.2019; опубл. 11.10.2019, Бюл. № 29. – 8 с.