

УДК 622.285

РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ГИДРОСТОЕК МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

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

На протяжении многочисленных теоретических и экспериментальных исследований, проведённых сотрудниками кафедры Горных машин и комплексов КузГТУ [1–5], было установлено, что работоспособность механизированной крепи, в основном, определяется работоспособностью гидростоек при сохранении своих функций по поддержанию и управлению кровлей угольных пластов.

Было показано, что герметичность гидростоек определяется нагрузками на крепь, которые зависят от состава и мощности пород кровли.

Особенно критично это сказывается при отработке пластов с труднообрушаемыми и трудноуправляемыми кровлями, сопровождающимися динамическими воздействиями на крепь и, соответственно, на гидростойки при вторичных и первичных осадках основной кровли. Такие нагружения сопровождаются скоростью смещения кровли до 3,5 м/с, временем нагружения от 0,1 до 0,01 с при величинах смещения штока от 1 до 59 мм [6]. Интенсивность проявления таких динамических нагрузок зависит от конструкции крепи и её силовых параметров [6, 7].

При таких воздействиях происходят «забросы» давления в поршневой полости и соответствующие радиальные деформации рабочих цилиндров, приводящие к потере герметичности гидростойки.

Математическое моделирование параметров воздействия обрушающихся пород кровли при блочном обрушении [8–13] показало схожие результаты с результатами натурных наблюдений по скорости и амплитуде смещений при различных горно-геологических условиях отработки и различных видах приложениях сопротивления крепи.

Как показали теоретические и экспериментальные исследования, радиальные деформации рабочих цилиндров при внешней нагрузке определяются давлением рабочей жидкости, величинами перекоса между поршнем и цилиндром и зазором между ними при сборке (рис. 1), определяемым полями допусков при изготовлении [14–17].

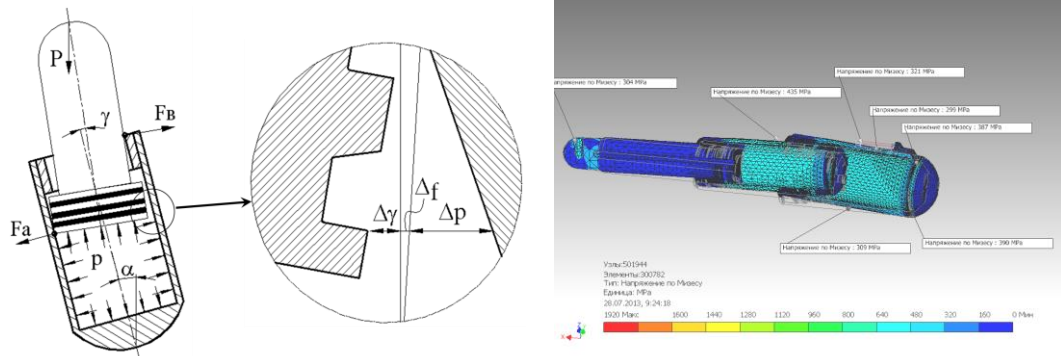


Рис. 1. Схема образования перекосов и конечно-элементная модель расчёта гидростойки двойной раздвижности

Работоспособность можно повысить упрочнением деталей стойки в местах их сопряжения [18–20] и повышением точности их изготовления [21–22].

Немаловажным для повышения герметичности является эффективность работы уплотнений в герметизируемых зазорах, которая является основным фактором, влияющим на работоспособность гидростойки [23–28].

Разработанные конечно-элементные модели [29–35] позволили получить адекватное поведение уплотнений в герметизируемом зазоре и обосновать их конструктивные параметры при установке в гидростойку.

По результатам проведённых исследований разработан способ определения радиальных деформаций рабочего цилиндра при наличии перекосов (рис. 2) [36–40], позволяющий обоснованно подходить к проектированию уплотнений (рис. 3), а также разработана конструкция поршня [41–42] для постоянства герметизируемого зазора при различных видах внешней нагрузки как по скорости, так и по величине.



Рис. 2. Схема определения перекосов и деформаций рабочего цилиндра и стенд

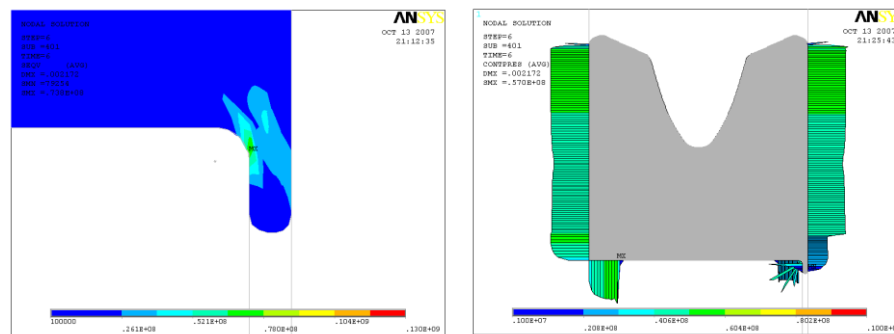


Рис. 3. Пример конечно-элементного расчёта деформаций уплотнения и распределения его контактных давлений

Список литературы:

1. 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. – ISBN 5-7511-1783-2.
2. 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. – ISBN: 5-7511-1608-9.
3. 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.
4. Буялич, Г. Д. Направления совершенствования механизированных крепей для отработки угольных пластов в сложных горно-геологических условиях // Горная техника : добыча, транспортировка и переработка полезных ископаемых : каталог-справочник. – СПб. : Славутич, 2007. – С. 10–16.
5. Расширение технологических возможностей механизированных крепей / Б. А. Александров, А. Н. Коршунов, А. И. Шундулиди, Г. Д. Буялич, Ю. М. Леконцев, Ю. А. Антонов. – Кемерово : Изд-во Томского ун-та, Кузбассвуиздат, 1991. – 372 с. – ISBN 5-7511-0433-1.
6. 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.
7. Влияние начального распора механизированной крепи на частоту и интенсивность резких осадков кровли / Б. А. Александров, Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2002. – № 6. – С. 21–22.

8. 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. Прокопьевск, 2014. – С. 133–134. – ISBN 978-5-91797-145-2.

9. Моделирование динамических колебаний блока кровли / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Инновации в технологиях и образовании : сб. ст. VII Междунар. 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.

10. 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, КемНИЦ 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. – С. 108–110.

11. О модели динамического взаимодействия крепи с кровлей / Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, К. Г. Буялич, М. В. Казанцев, В. М. Римова // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2012 : материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 1–2 нояб. 2012 г. В 2-х т. Т. 1. / КузГТУ. – Кемерово, 2012. – С. 149–153. – ISBN 978-5-89070-764-2.

12. Study of Falling Roof Vibrations in a Production Face at Roof Support Resistance in the Form of Concentrated Force / Buyalich G. D., Buyalich K. G., Umrikhina V. Yu. // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2016. – Vol. 142: VII International Scientific Practical Conference «Innovative Technologies in Engineering». – # 012120. – DOI 10.1088/1757-899X/142/1/012120.

13. Численное моделирование динамических колебаний кровли при ее обрушении / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Актуальные проблемы современного машиностроения : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Юрга, 11–12 дек. 2014 г. / Юрг. технолог. ин-т. – Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2014. – С. 199–202. – ISBN 978-5-4387-0514-7.

14. Определение деформаций рабочего цилиндра шахтной гидростойки / Г. Д. Буялич, В. В. Воеводин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – Кемерово, 2000. – № 6. – С. 70–71.

15. Radial Strains of Double-layer Cylinders in Hydraulic Props of Powered Supports / Buyalich G. D., Buyalich K. G., Voevodin V. V. // IOP

Conf. Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2016. – Vol. 127: YIT-UPMME 2015. – # 012034. – DOI 10.1088/1757-899X/127/1/012034.

16. Radial deformations of working cylinder of hydraulic legs depending on their extension / Buyalich G.D., Buyalich K.G., Voyevodin V.V. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2015. – Vol. 91 : VI International Scientific Practical Conference on Innovative Technologies and Economics in Engineering 21–23 May 2015, Yurga, Russia. – # 012087. – ISSN 1757-899X (Online). – ISSN 1757-8981 (Print). – DOI 10.1088/1757-899X/91/1/012087.

17. 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.

18. Эффективные технологии восстановления штоков гидроцилиндров горных машин / Мнацаканян В. У., Севагин С. В., Нго Ву Нгуэн, Мартюшова А. А. // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2022. — № 5 (S4). — С. 12–19. — DOI 10.25018/0236_1493_2022_5_4_12.

19. Выявление и обеспечение требований к качеству поверхности штока гидроцилиндра при контакте с уплотнением / Севагин С. В., Соловых Д. Я., Мнацаканян В. У. // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2022. – № 15. – С. 142–150. – DOI 10.26160/2658–3305-2022-15-142-150.

20. Повышение ресурса горного оборудования за счет применения защитных покрытий / Нгуен Суан Хынг, Новикова А. Д., Мнацаканян В. У. // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2023. – №19. – С. 185–189.

21. Assembly accuracy of power cylinders for powered roof supports in longwalls / Mnatsakanyan V. U., Surina N. V., Belyankina O. V., Sizova E. I. // Eurasian mining. 2023. – No. 1. – pp. 50–54.

22. Достижение требуемой точности соединения цилиндр-поршень при ремонте гидростоек механизированных крепей / Мнацаканян В. У., Нго В. Н., Нгуен Т. В., Нгуен С. Х. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2022. – № S4 – С. 3–11. – DOI 10.25018/0236-1493-2022-5-4-3.

23. 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. – № S65. – С. 29–37. – ISSN 0236-1493. – DOI 10.25018/0236-1493-2018-12-65-29-37.

24. Factors determining operation of lip seal in the sealed gap of the hydraulic props of powered supports / Buyalich G., Byakov M., Buyalich K. // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. – Vol. 41 : IIIrd international innovative mining symposium. – # 01045. – 6 p. – DOI [10.1051/e3sconf/20184101045](https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184101045).

25. Оценка герметичности гидростоек механизированных крепей / Г. Д. Буялич, В. В. Воеводин, К. Г. Буялич // Динамика и прочность горных машин : сб. тр. II Междунар. конф., 28–29 мая. – Новосибирск : Ин-т горного дела СО РАН, 2003. – Т. 2. – С. 86–88.

26. Анализ работы уплотнений гидростоек механизированных крепей = Analysis of seals of hydraulic legs of power supports / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – № S7 : Современные технологии на горнодобывающих предприятиях. – С. 238–248. – ISSN 0236-1493.

27. Comparative analysis of the lip seal in hydraulic power cylinder / Buyalich G.D., Buyalich K.G. // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 770 : Urgent Problems of Up-to-Date Mechanical Engineering. – P. 402–406. – ISSN 1660-9336 (print). – ISSN 1662-7482 (web). – ISBN 978-3-03835-483-3 (softcover). – ISBN 978-3-03826-949-6 (eBook). – DOI 10.4028/www.scientific.net/AMM.770.402.

28. 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.

29. Оценка точности конечно-элементной модели рабочего цилиндра гидростойки крепи / Г. Д. Буялич, В. В. Воеводин, К. Г. Буялич // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № S2 : Горное машиностроение. – С. 203–206. – ISSN 0236-1493.

30. 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.

31. 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). – 2012. – № S7 : Современные технологии на горнодобывающих предприятиях. – С. 257–262. – ISSN 0236-1493.

32. 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.

33. Определение количества элементов модели по толщине стенки силового гидроцилиндра / Г. Д. Буялич, В. В. Воеводин, К. Г. Буялич // Инновационные технологии и экономика в машиностроении : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. с элементами науч. шк. для молодых ученых, Юрга, 20–21 мая 2010 г. / Юрг. технолог. ин-т. – Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2010. – С. 516–518. – ISBN 978-5-98298-642-9.

34. Регулярная сетка конечных элементов манжетного уплотнения гидростоек / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – № S3 : Горное машиностроение. – С. 119–121. – ISSN 0236-1493.

35. Обоснование плотности сетки цилиндра гидростойки при расчётах методом конечных элементов / Г. Д. Буялич, В. В. Воеводин, К. Г. Буялич // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – № S3 : Горное машиностроение. – С. 126–129. – ISSN 0236-1493.

36. Способ определения деформаций гидроцилиндра под нагрузкой с шарнирными опорами штока и цилиндра : пат. 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.

37. Стенд для определения радиальных деформаций гидроцилиндра под нагрузкой : пат. 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.

38. Стенд для определения радиальных деформаций гидроцилиндра под нагрузкой : пат. 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.

39. Стенд для определения радиальных деформаций гидроцилиндра под нагрузкой : пат. 194863 РФ : МПК E21D 15/44 (2006.01) / Буя-

лич 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.

40. Стенд для определения радиальных деформаций гидроцилиндра под нагрузкой : пат. 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.

41. Гидравлическая стойка шахтной крепи : пат. 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.

42. Гидравлическая стойка шахтной крепи : пат. 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.