

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РЕМОНТНОГО РАЗМЕРА ВНУТРЕННЕГО ДИАМЕТРА ЦИЛИНДРА ГИДРОСТОЙКИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ

Никифорова О.К., Сурина Н.В.

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
г.Москва*

Ключевые слова: гидростойки, восстановление, основные дефекты цилиндров и штоков, ремонтный размер, расчет на прочность.

Аннотация. В работе представлен анализ основных дефектов цилиндров гидростоек механизированных крепей. Рассмотрен метод восстановления рабочей поверхности цилиндра растачиванием в ремонтный размер. Проведен расчет на устойчивость и прочность гидростойки. На основании проведенного расчета обоснована возможность восстановления рабочей поверхности гидроцилиндра методом растачивания в ремонтный размер.

JUSTIFICATION FOR THE SELECTION OF REPAIR SIZE OF THE INNER DIAMETER OF THE CYLINDER OF THE HYDRAULIC PROP OF THE POWERED SUPPORT

Nikiforova O.K., Surina N.V.

National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow

Keywords: hydraulics, restoration, major defects of cylinders and rods, repair size, strength calculation.

Abstract. The paper presents an analysis of the main defects of cylinders of hydraulic struts of mechanized supports. The method of restoring the working surface of the cylinder by boring to a repair size is considered. The calculation of the stability and strength of the hydraulic stand. Based on the calculation, the possibility of restoring the working surface of the hydraulic cylinder by boring to the repair size is substantiated.

Для поддержания кровли в рабочем пространстве очистной выработки при отработке полезных ископаемых применяются механизированные крепи.

Гидравлические стойки являются ответственными элементами крепи, создающими рабочее сопротивление опусканию пород за счет сопротивления жидкости, вытесняемой из замкнутой полости гидроцилиндра.

Как и любые другие детали, цилиндры гидростоек нуждаются в ремонте в условиях длительной эксплуатации [1]. В процессе работы они подвергаются абразивному, механическому и кавитационному износу. Все это приводит к появлению дефектов, таких как, коррозия, вмятины на зеркале цилиндра, повреждения наружной поверхности, «раздутие» [2].

Растачивание в ремонтный размер является одним из используемых методов восстановления внутренней поверхности цилиндра на производстве. Этот метод применяется при неглубоких дефектах рабочей поверхности (коррозия, мелкие риски до 1 мм). По сравнению с наплавкой он обладает меньшей трудоемкостью, однако может применяться лишь ограниченное количество раз. Увеличение внутреннего диаметра цилиндра приводит к тому, что при знакопеременных нагрузках устойчивость и прочность гидростойки уменьшается. В связи с этим необходимо провести расчет на прочность стойки двойной гидравлической раздвижности с целью выявления критического значения внутреннего диаметра цилиндра.

Расчет на прочность проводился по методике, опубликованной в книге В.Н. Хорина «Расчет и конструирование механизированных крепей» [3]. Основные исходные данные для расчета приведены в таблице 1.

Табл. 1. исходные данные гидростойки механизированной крепи

Расчетное рабочее сопротивление, кН	$P = 1520$ кН
Расчетное давление рабочей жидкости, МПа	$p_1 = p_2 = 40$ МПа
Марка стали и твердость	30ХГСА, НВ = 241 - 285
Предел текучести, МПа	$\sigma_{T1} = 600$
Модуль упругости материала, МПа	$E = 2,1 \cdot 10^{11}$ ГПа
Наружный диаметр, м Цилиндр шток 1 ступени шток 2 ступени	$d_{1н} = 27,3 \cdot 10^{-2}$ $d_{2н} = 20 \cdot 10^{-2}$ $d_{3н} = 14 \cdot 10^{-2}$
Внутренний диаметр, м Цилиндр шток 1 ступени шток 2 ступени	$d_{1в} = 22 \cdot 10^{-2}$ $d_{2в} = 16 \cdot 10^{-2}$ $d_{3в} = 9,5 \cdot 10^{-2}$
Высота гидростойки, м	$L = 1,817$

Запас устойчивости гидростойки n_y , определяется из соотношения $n_y = \frac{P_{кр}}{P}$, рекомендуемое допустимое значение $n_y \geq 1,45$,

где $P_{кр}$ – критическое усилие, P – рабочее сопротивление стойки.

Критическое усилие для гидравлических стоек рассчитывается по формуле:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 E}{L} \left[\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{J_i} \left(x - \frac{L}{2\pi} \sin \frac{2\pi x}{L} \right) \right]_{l_{i-1}^{l_i}}^{-1},$$

где E – модуль упругости материала, ГПа;

для стали $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ ГПа.

J_i – момент инерции сечения ступени, м⁴;

$n = 1, 2, 3 \dots$ - номер ступени постоянной жесткости;

L – длина гидростойки, м;

$x = l'_i$ – расстояние от нижней опоры гидростойки до конца i – й ступени, м; ($l'_1 = l_1; l'_2 = l_1 + l_2; l'_3 = l_1 + l_2 + l_3$).

Расчет запаса прочности проводится исходя из эквивалентного напряжения на внутренних точках поверхности цилиндра со стороны сжатого слоя $\sigma''_{эв1}$

Эквивалентное напряжение в цилиндре и штоке 1 ступени:

$$\sigma''_{эв1} = \sqrt{0,5 \left[(-\sigma_{ув1} - \sigma_{тв1})^2 + (\sigma_{тв1} - \sigma_{r1})^2 + (\sigma_{r1} + \sigma_{ув1})^2 \right]}$$

где $\sigma_{ув1}, \sigma_{тв1}, \sigma_{r1}$ – составляющие напряжения от внешних нагрузок и внутреннего давления рабочей жидкости, МПа.

Запасы прочности определяются по пределу текучести материала:

$$n_{T1} = \frac{\sigma_{T1}}{\sigma''_{эв1}},$$

рекомендуется минимальное допустимое значение $n_m \geq 1,1$

Математически расчет на устойчивость и прочность для различных внутренних диаметров гидроцилиндра проводился с помощью автоматизированной информационной системы Microsoft Excel. Этот продукт был выбран из-за относительной простоты использования, наглядной визуализации и общедоступности.

Ниже в таблице 2 приведены величины, полученные в результате расчета, а также на рисунке 1 представлен график зависимости запаса прочности от эквивалентного напряжения в первой ступени.

На рисунке 2 показан график зависимости запаса устойчивости от внутреннего диаметра цилиндра.

Табл. 2. Значения величин, рассчитанных для разных внутренних диаметров цилиндра

Величина	Диаметр, мм					
	220	222	224	226	228	230
$J_1, \text{м}^3$	16060,05	15628,3	15184,7	14729	14261,2	13780,8
$W_{1в}, \text{м}^3$	1460,005	1407,9	1355,7	1303,4	1250,9	1198,3
$P_{кр}, \text{Н}$	2578,3	2572,5	2566,3	2559,5	2552,1	2544,1
$\sigma_{кр}, \text{МПа}$	310,6	309,9	309,1	308,3	307,4	306,5
$M_1, \text{Нм}$	52,976	53,022	53,074	53,133	53,199	53,274
$\sigma''_{эв1}, \text{МПа}$	226,353	235,017	244,403	254,606	265,735	277,919
n_m	2,651	2,553	2,455	2,357	2,258	2,159
n_y	1,696	1,692	1,688	1,683	1,679	1,673

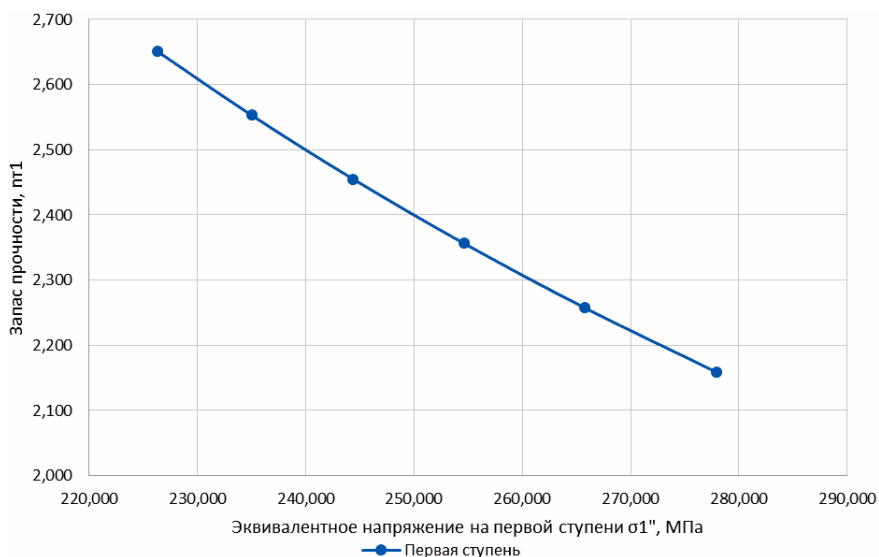


Рис. 1. График зависимости запаса прочности от эквивалентного напряжения

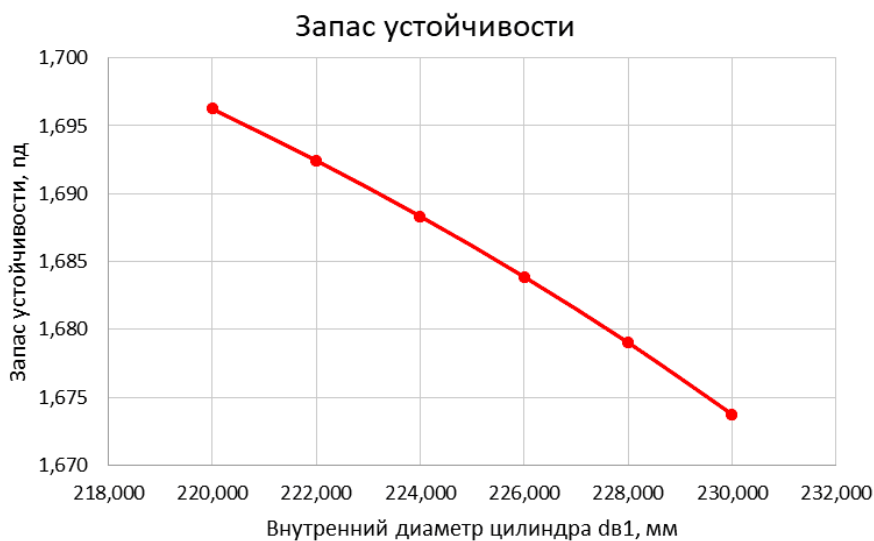


Рис. 2. График зависимости запаса устойчивости от внутреннего диаметра цилиндра

Расчеты показали, что растачивание в ремонтный размер до диаметра 230 мм не приведет к деформации цилиндра и неустойчивости стойки в целом, однако, учитывая конструктивные особенности цилиндра оптимальный ремонтный размер составляет $D=224-226$ мм.

Список литературы

1. Никифорова О.К., Сурина Н.В. Требования к организации ремонта гидростоек механизированных крепей // Машиностроение: инновационные аспекты развития. Материалы международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: СПбФ НИЦ МС, 2019. – №2. – С. 144-146.
2. Солод Г.И., Морозов В.И., Русихин В.И. Технология машиностроения и ремонта горных машин: учебник для вузов. – М.: Недра, 1988 – 421 с.

- Хорин В.Н. Расчет и конструирование механизированных крепей. – М.: Недра, 1988 – 255с.

References

- Nikiforova O.K., Surina N.V. requirements for the organization of repairs of hydraulic props of the powered supports // Engineering: Innovative aspects of development. Materials of the international scientific-practical conference. – St. Petersburg: SPbF SIC MS, 2019. – No. 2. – P. 144-146.
- Solod G.I., Morozov V.I., Rusikhin V.I. Technology of mechanical engineering and repair of mining machines: a textbook for universities. – М.: Nedra, 1988. – 421p.
- Khorin V.N. Calculation and design of powered supports. – М.: Nedra, 1988. – 255p.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Никифорова Ольга Константиновна – студентка, olgawork146@gmail.com	Nikiforova Olga Konstantinovna –student, olgawork146@gmail.com
Сурина Наталия Владимировна – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Горное оборудование, транспорт и машиностроение», nataly.surina@mail.ru	Surina Natalia Vladimirovna – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of department "Mining equipment, transport and mechanical engineering", nataly.surina@mail.ru
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г.Москва, Россия	National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, Russia

Получена 25.03.2020