

УДК 621.777.4.073.001.8

Сынков В.Г., д-р. техн. наук, ст. науч. сотр.,

Немцев Э.Н., инженер

(КИИ ДонНТУ)

Мирошниченко С.В., инженер

(ДонФТИ НАН Украины)

Хорольский А.А., инженер

(ИФГП НАН Украины)

ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГИДРОСТОЕК МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

Синков В.Г., д-р. техн. наук, ст. науч. співр.

Немцев Е.М., инженер

(КІДонНТУ)

Мірошніченко С.В., інженер

(ДонФТІ НАН України)

Хорольський А.О., інженер

(ІФГП НАН України)

ПІДВИЩЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ГІДРОСТІЙОК МЕХАНІЗОВАНОГО КРІПЛЕННЯ

Synkov V.G., D. Sc. (Tech.), Senior Researcher

Nemtsev E. N., M.S (Tech)

(КІІ DonNTU)

Miroshnichenko S.V., M.S (Tech)

(DonFTI NAS of Ukraine)

Khorolskiy A.A., M.S (Tech)

(IFGP NAS of Ukraine)

INCREASING LOAD-BEARING CAPACITY HYDRAULIC CYLINDER POWERED SUPPORT

Аннотация. Статья направлена на повышение несущей способности гидростоек механизированной крепи. В приближении плоской деформации и повторно статической нагрузки корпуса гидроцилиндра механизированной крепи ЗКД90 выполнена оценка предельного состояния узла при использовании в его конструкции упрочненных автоскреплением слоев или применения двухслойного корпуса. Установлено, что серийная конструкция гидростойки (с коэффициентом толстостенности 1,2) и используемый в ней материал (сталь 35ХГСА, $\sigma_p = 1000$ МПа) не обеспечивают упругий режим эксплуатации корпуса при забросах давления до 150 МПа при упрочнении корпусов гидроцилиндров бандажированием, автоскреплением, применении легированных штамповых сталей и сплавов.

Для обеспечения упругого режима в указанном диапазоне необходимо увеличение толстостенности корпуса до $m \geq 1,4$ при использовании автоскрепления однослойного корпуса или двухслойной бандажированной схемы.

Ключевые слова: гидроцилиндр механизированной крепи, предельная прочность, схемы упрочнения, автоскрепление, многослойность, высокопрочные штамповые стали и сплавы.

Введение

Комплексы оборудования с механизированными крепями являются основным средством для достижения высоких технико-экономических показателей подземной добычи угля. В последнее десятилетие с усложнением горно-геологических условий наблюдается тенденция снижения эффективности средств механизации. Углубление фронта работ, повышение газоносности и количества нарушенных шахтных пластов с трудно управляемой кровлей (до 40%) и слабая почва сказываются на работоспособности крепи [1]. В структуре простоев комплексно-механизированного забоя отказы гидростоек механической крепи (ГМК) составляют 31%, других силовых домкратов -23%. Основные причины отказов оборудования - удары при обрушении кровли, приводящие к росту давления в полости гидроцилиндра до 150МПа, пластической деформации и ускоренному износу рабочих поверхностей гидроцилиндра (37%), разрушению уплотнений (22%), потере продольной устойчивости стойки (28%), коррозии стойки под действием шахтной воды и ее разрушению из-за инициирования магистральных трещин (4%)[2].

Для упрочнения цилиндрических элементов корпуса стойки ГМК можно использовать несколько приемов [3]:

- заменить сталь 35ХГСА на ударопрочные, износо- и коррозионностойкие инструментальные стали;

- применить бандажирование (сборку слоев корпуса с натягом);

- провести предварительную нагрузку внешней втулки корпуса (бандажа) за предел упругости его материала (автоскрепление);

- сформировать в материале заготовки особую субмикроструктурную и нанокристаллическую структуру (СМК и НКС).

Возможный эффект от использования многослойной конструкции корпуса стойки или автоскрепления ее элементов можно оценить, сравнивая коэффициенты упрочнения различных схем гидростоек с базовым вариантом, используемым в промышленности [4].

Оценка несущей способности ГМК по различным схемам исполнения

В основу анализа положены конструктивные варианты, имеющие одинаковые диаметр и высоту полости стойки.

1. Базовый вариант.

За базовый вариант принят толстостенный цилиндрический корпус гидростойки ЗКД90: $D_n = 240$ мм, $D_{вн} = 200$ мм. Материал корпуса – сталь 35ХГСА. Коэффициент толстостенности корпуса: $m = D_n / D_{вн} = 1,2$ [4]. Нормированное по σ_p предельное давление P_1 / σ_p при повторно статическом нагружении такой схемы [3]:

$$\frac{P_1}{\sigma_p} = (m^2 - 1) / m^2 \sqrt{3} = 0,176$$

где $\sigma_p = 1000$ МПа – предел упругости стали 35ХГСА после термообработки: закалка 880⁰С в масле, отпуск 400⁰С, [5]. Предельное давление в стойке базового варианта $P_1 = 176$ МПа.

Масштабный коэффициент $\alpha=0,7$, влияние коррозии $\beta=0,8$, влияние малоциклового усталости $\gamma=0,5$ [6]. Таким образом, значение общего коэффициента влияния на предельное давление по пределу упругости $\varepsilon=\alpha\beta\gamma=0,28$, а предельное давление $P_1=49,3$ МПа.

2. Двухслойный бандажированный корпус гидростойки.

Предельное состояние двухслойного корпуса стойки определим по внутреннему давлению P_1 , которое соответствует началу перехода в пластическое состояние материала внутренней втулки корпуса, имеющей безразмерную толстостенность $m_1=d_2/d_1$ (d_2 , d_1 – наружный и внутренний диаметр внутренней втулки двухслойного корпуса соответственно) и нагруженного по наружной поверхности внутренней втулки давлением бандажирования P_2 . Причем выбирается меньшее из значений, полученных при решении двух уравнений, первое из которых соответствует предельному давлению P^I_1 в двухслойном корпусе с толстостенностью $m=d_3/d_1$ (d_3 – наружный диаметр корпуса стойки), а второе – предельному давлению P^{II}_1 , полученному из условия создания во внутренней втулке предельного состояния при ее сборке с наружной втулкой [7]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{P}'_1 \leq \frac{m_1^2 - 1}{m_1^2(\chi\sqrt{3} + 1 - \chi) + 1 - \chi} + \bar{P}_2 \frac{m_1^2(\chi\sqrt{3} + 2 - 2\chi)}{m_1^2(\chi\sqrt{3} + 1 - \chi) + 1 - \chi_2}, \\ \bar{P}''_1 \leq \frac{(2 + \chi\sqrt{3})(m_1^2 - 1)C}{2\chi\{C[m_1^2(\chi\sqrt{3} + 1 - \chi) + 1 - \chi] - 2(m^2 - m_1^2)(\chi\sqrt{3} + 2 - 2\chi)\}} \end{array} \right. \quad (1)$$

где $\bar{P}'_1; \bar{P}''_1$ нормированные по σ_p значения P^I_1 и P^{II}_1 соответственно; \bar{P}_2 – нормированное по σ_p давление бандажирования; χ – коэффициент хрупкости материала корпуса ($\chi = \sigma_p/\sigma_c$; σ_p, σ_c – предел упругости материала внутренней втулки корпуса при растяжении и сжатии соответственно), C – коэффициент упругой неоднородности слоев гидростойки; $C = 2(m^2 - 1)$ при упругой однородности слоев.

С учетом общей толстостенности корпуса гидростойки базового варианта $m=1,2$ толстостенность бандажа $m_1=\sqrt{m}=1,1$. Если бандаж не подвергать предварительному упрочнению нагружением материала за предел упругости, предельное значение нормированного по σ_{pI} давления бандажирования ($s = \sigma_2/\sigma_1 = 0,74$; σ_2, σ_1 – пределы упругости наружного и внутреннего слоев соответственно):

$$\bar{P}_2 = s \frac{m-1}{m\sqrt{3}} = 0,076. \quad (2)$$

Согласно (1) для этой схемы корпуса минимальное предельное $\bar{P}'_1=0,176$. При использовании во внутреннем слое корпуса стойки инструментальных сталей (5XB2C, 4X4M2BFC, P6M5, P9K10, 40XНЮ) $\chi = 0,45 - 0,55$, $\sigma_{pI}=1800$ –

2000 МПа предельное давление по пределу упругости составит $P_I = 326$ МПа, а с учетом общего коэффициента влияния на предельное давление ($\varepsilon = 0,28$) $P_I = 326 \cdot 0,28 = 91,5$ МПа.

3. Сквозное автоскрепление однослойного корпуса стойки ($m=1,2$).

Нормированное предельное давление при сквозном автоскреплении согласно [3]:

$$\bar{P}_1 = 2 \ln m / \sqrt{3} = 0,211. \quad (3)$$

При использовании стали 5Х2МНФ (ДИ32; $\sigma_p = 1400$ МПа) предельное давление по пределу упругости $P_I = 296$ МПа, а с учетом общего коэффициента влияния $\varepsilon = 0,28$ предельное давление $P_I = 82,6$ МПа.

4. Сквозное автоскрепление бандажа ($m_2 = 1,1$) двухслойного корпуса стойки ($m=1,2$).

Нормированное предельное давление при сквозном автоскреплении бандажа

$$\bar{P}_2 = 2 \ln m_2 / \sqrt{3} = 0,082.$$

Согласно (1) для этой схемы корпуса предельное $\bar{P}_1' = 0,179$. При использовании во внутреннем слое корпуса инструментальных сталей, указанных в п.3 предельное давление $P_I = 340$ МПа, а с учетом общего коэффициента влияния $\varepsilon = 0,28$ предельное давление $P_I = 95,3$ МПа.

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ предельных давлений различных вариантов изготовления гидростоек

№	Конструктивная схема стойки	Предельное давление в стойке без учета влияния масштаба, коррозии, малоцикловой усталости, МПа	Предельное давление с учетом коэффициента влияния, МПа	Коэффиц. упрочнения, P_i / P_I
1	Базовая	176	49,3	1
2	2-х слойн.	326	91,5	1,86
3	1 сл., а/с	296	82,6	1,68
4	2 сл., а/с	340	95,3	1,93

Таким образом, при базовой толстостенности $m=1,2$ реальный эффект (повышение предельного давления до двух раз) можно получить при использовании двухслойной конструкции корпуса гидростойки, внутреннюю втулку которого необходимо изготавливать из инструментальных сталей, хорошо сопротивляющихся сжатию ($\chi = 0,45 - 0,55$), а наружную из штамповой стали, например, ДИ 32, имеющей при высокой прочности ($\sigma_p = 1400$ МПа) достаточно высокую пластичность ($\delta = 10\%$).

Однако при давлении в гидроцилиндре стойки до 150 МПа, часто фиксируемом в производственных условиях при обрушении основной кровли, необходимо либо увеличивать толстостенность корпуса, либо подвергать материал его

заготовки термомеханической обработке.

Оценки показывают, что для исключения пластических деформаций в корпусе гидроцилиндра при обрушении крупных блоков основной кровли коэффициент толстостенности корпуса m должен быть увеличен в базовой конструктивной схеме до $m=4$, что увеличит массу гидроцилиндра в 11 раз что, по видимому, неприемлемо. Если заменить материал корпуса на сталь ДИ32 искомый результат достигается при $m=1,8$, что увеличит массу базового варианта только в 2,25 раза.

Расчеты прочности по вариантам 1-4 при коэффициенте толстостенности $m=1,4$ представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Анализ предельных давлений различных вариантов изготовления гидростоек

№	Конструктивная схема стойки	Предельное давление в стойке без учета влияния масштаба, коррозии, малоциклового усталости, МПа	Предельное давление с учетом коэффициентов влияния, МПа	Коэффиц упрочнения, P_i / P_1
1	Базовая	283	79,3	1,00
2	2-х слойн.	600	168,3	2,12
3	1 сл., а/с	544	152,3	1,92
4	2 сл., а/с	648	181,4	2,29

Из таблицы 2 видно, что уровень давления в гидростойке, зафиксированный в шахтах после обрушения кровли ($P_1 \geq 150$ МПа) могут обеспечить при упругом характере нагружения конструктивные схемы 2-4.

С другой стороны, эффективным методом достижения высоких эксплуатационных характеристик деталей гидростоек может стать формирование в материале заготовки особой субмикроструктурной и нанокристаллической структуры (СМК и НКС) с помощью использования в материалах пар трения высокоуглеродистого α -мартенсита или методов интенсивной пластической деформации (ИПД) [8, 9].

К настоящему времени разработан ряд технологических решений в области ИПД, обеспечивающих повышение свойств материалов прутков и труб из различных металлов и сплавов [10]. Особый интерес вызывают заготовки с градиентным характером распределения остаточных напряжений, позволяющие компенсировать напряженно-деформированное состояние (НДС) элементов стойки при рабочей нагрузке напряжениями обратного знака, полученными методами ИПД, бандажирования и автоскрепления [11].

Для решения задачи упрочняющей обработки полых цилиндрических деталей перспективной является технология реверсивной закрытой прошивки с противодавлением (РЗПП) [12, 13], соединяющая в себе комбинацию двух схем обратного выдавливания. Ее характерной особенностью является возможность получения как сплошных, так и полых полуфабрикатов с различной толстостенностью, включая детали типа «стакан». Данная технология обработки позволяет накапливать в материале заготовки высокие степени деформации $\epsilon=10$ -

15, приближающие структуру материала к СМК и НКС уровням.

Выводы

1. Геометрические параметры корпуса серийной гидростойки ЗКД90 и используемый в нем материал (сталь 35ХГСА, $\sigma_p = 1000$ МПа) не обеспечивают упругий режим эксплуатации корпуса поскольку предельное расчетное давление при повторно статическом режиме нагрузки ($P=49$ МПа) в три раза ниже фиксируемых при обрушении кровли его забросов ($P \leq 150$ МПа) и в два раза превосходит нормативные требования ($P=75$ МПа).

2. Известные приемы упрочнения корпусов гидроцилиндров (бандажирование, автоскрепление, применение легированных штамповых сталей и сплавов) при проектной толстостенности корпуса ($m = 1,2$) не позволяет осуществлять упругий режим нагружения в диапазоне $P \leq 150$ МПа.

3. Для обеспечения упругого режима в указанном диапазоне необходимо увеличение толстостенности корпуса до $m \geq 1,4$ при использовании автоскрепления однослойного корпуса или двухслойной бандажированной схемы..

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буялич, Г.Д. Экспериментально – теоретическая оценка и обоснование параметров механизированных крепей для сложных горно-геологических условий пологих угольных пластов: автореф. дис. на соискание научн. степени доктора технических наук: спец. 05.05.06. «Горные машины» / Г.Д. Буялич. – Кемерово, 2004 – 32с.
2. Воеводин, В.В. Оценка параметров гидростоек механизированных крепей методом конечных элементов: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.05.06. «Горные машины» / В.В. Воеводин – Кемерово., 2005. – 24с.
3. Беляев, Н.М. Труды по теории упругости и пластичности / Н.М. Беляев.- М.: ГИИТЛ, 1957.-632 с.
4. Крепь механизированная ЗКД90Т. Руководство по эксплуатации ЗКД90Т.00.00.000 РЭ. – ООО «НПК «Горные машины»– Дружковка, 2013.
5. Механические свойства конструкционных материалов при сложном напряженном состоянии / А.А.Лебедев, Б.И.Ковальчук, Ф.Ф.Гигиняк, В.П.Ламашевский. - Киев: Наукова думка, 1983.-366 с.
6. Серенсен, С.В. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность / С.В.Серенсен, В.П.Когаев, Р.М.Шнейдерович.- М.: Машиностроение, 1975.- 488 с.
7. Мирошниченко, С.В. Предельное состояние камер высокого давления / С.В.Мирошниченко, В.Г.Сынков, А.А.Лебедев // Проблемы прочности.-2002.-№4.-С.32-38.
8. Коршунов, Л.Г. Прочность и трибологические свойства нанокристаллических структур поверхностей трения сплавов железа / Л.Г.Коршунов, А.В.Макаров, Н.Л.Черненко // Структура и свойства нанокристаллических материалов. Сб.науч.тр.- Екатеринбург: Уро РАН, 1999 - С. 38-50.
9. Процессы пластического структурообразования металлов / В.М.Сегал, В.И.Резников, В.И.Копылов [и др.] - М: Наука и техника, 1994.-232 с.
10. Бейгельзимер, Я.Е. Физическая механика гидростатической обработки материалов / Я.Е.Бейгельзимер, В.Н.Варюхин, Б.М.Эфрос // Физическая механика гидростатической обработки материалов. Донецк: изд-во ДонФТИ им.А.А.Галкина НАН Украины, 2000. -192 с.
11. Анализ технологических схем производства прутков методами интенсивных пластических деформаций / В.Г.Сынков, Я.Е.Бейгельзимер, В.Н.Варюхин, С.Г.Сынков // Физика и техника высоких давлений, 2000. - Том 10.- №4.- С.32-34.
12. Мирошниченко, С.В. Реверсивная закрытая прошивка с противодавлением/ С.В.Мирошниченко, В.Г.Сынков, С.Г.Сынков // Кузнечно-штамповочное производство.- №6.- 2003.- С.38-41.
13. Сынков, В.Г. Технология и инструмент для реверсивной закрытой прошивки заготовок с противодавлением / В.Г.Сынков, С.В.Мирошниченко // Металлургические процессы и оборудование.- 2013.- №4(34).- С.24-30.

REFERENCES

1. Bujalich, G.D. (2004), «Experimentally is theoretical estimation and ground of parameters of powered support for the difficult mine-geological terms of declivous coal layers», Abstract of D. Sc. dissertation, Mining Machines and complexes, Kemerovo, Russia.
2. Voevodin V.V. (2005), « Estimation of parameters of the hydraulic props of mechanized by a support », Abstract of Ph.D. dissertation, Mining Machines and complexes, Kemerovo, Russia.
3. Belyaev, N.M. (1957), *Trudy po teorii uprugosti i plastichnosti* [Scientific proceedings for theory resilience and strain], Moscow, SU.
4. *Krep mehanizirovannaja 3KD90T. (2013) Rukovodstvo po ekspluatatsii 3KD90T.00.00.000 R. Je. – OOO «NPK «Gornye mashiny"», [Powered support 3KD90 - service manual], Druzhkovka, Ukraine.*
5. Lebedev, A.A., Kovalchuk, B.I., Giginyak, F.F. and Lomashevsky, F.P. (1983), *Mehanicheskie svoystva konstrukcionnykh materialov pri slozhnom napryazhennom sostyanii*, [Stress-strain properties structural materials], Kiev, SU.
6. Serensen, S.V. (1975), *Nesushchaya sposobnost raschety detaley mashin na prochnost* [Supporting capacity and strength analysis machine components], Moscow, SU.
7. Miroshnichenko S.V., Sinkov V.G. and Lebedev A.A. (2002) «The limiting state high pressure chambers», *Problemy prochnosti*, no.4, pp.32-38.
8. Korshunov L.G., Makarov A.B. and Chernenko A.L. (1999), *Prochnost i tribologicheskiye svoystva nanokristallicheskih struktur poverhnostej trenija splavov zheleza* [Strenght and tribological behavior nanocrystalline materials], UroRAN, Ekaterinburg, RU.
9. Segal, V.M., Reznikov V.I., Kopylov V.I. [and others] (1994), *Processy plasticheskogo strukturoobrazovaniya metallov* [The process structurization plastic forming metals], Moscow, RU.
10. Bejgelzimer, Ja.E. (2000), *Fizicheskyya mekhanika gidrostaticheskoy obrabotki materialov* [The physics hydrostatic metal working], DonFTI, Donetsk, UA.
11. Synkov, V.G. (2000) *Analiz tehnologicheskikh skhem proizvodstva prutkov metodami intensivnykh plasticheskikh deformatsiy* [The analyze technology production of bar], DonFTI, Donetsk, UA.
12. Miroshnichenko, S.V., Synkov, V.G. and Synkov, S.G. (2003), «Reversible closed sewing with against-pressure», *Kuznechno-shtampovoychnoye proizvodstvo*, no. 6, pp. 38-41.
13. Synkov, V.G. (2013), *Tehnologiya i instrument dlya reversivnoy zakrytoy proshivki zagotovok s protivodavleniem* [Technology and tools for reversing the closed firmware blanks backpressure], Donetsk, UA.

Об авторах

Сынков Вадим Григорьевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой «Электромеханики и автоматики» Красноармейского индустриального института ДонНТУ (КИИ ДонНТУ), Красноармейск, Украина, vasyn41@mail.ru

Немцев Эдуард Николаевич, старший преподаватель кафедры «Электромеханики и автоматики» Красноармейского индустриального института ДонНТУ (КИИ ДонНТУ), Красноармейск, Украина, nedni@mail.ru

Мирошниченко Светлана Вадимовна, научный сотрудник Донецкого физико-технического института им. А.А. Галкина НАН Украины (ДонФТИ НАН Украины), Киев, Украина, vasyn41@mail.ru

Хорольский Андрей Александрович, младший научный сотрудник отдела физики угля и горных пород, Институт физики горных процессов НАН Украины (ИФГП НАН Украины), Днепропетровск, Украина, andrey.khorolskiy@mail.ru

About the authors

Synkov Vadim Grigorevich, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Senior Researcher, Department Chairman of « Electromechanics and automatics» Krasnoarmeysk industrial institute Donetsk National Technical University (KII DonNTU), Krasnoarmeysk, Ukraine, vasyn41@mail.ru

Nemtsev Eduard Nikolayevich, Master of Science, Senior lecturer, Krasnoarmeysk industrial institute of Donetsk National Technical University (KII DonNTU), Krasnoarmeysk, Ukraine, nedni@mail.ru

Miroshnichenko Svetlana Vadimovna, Master of Science, Researcher, Donetsk Institute for Physics and Engineering named after O.O.Galkin of the National Academy of Sciences of Ukraine (Don FTI NAS of Ukraine), Kiev, Ukraine, vasyn41@mail.ru

Khorolskiy Andrej Aleksandrovich, Master of Science, Junior Researcher in Department of Physics coal and rock, Institute of Physics of Rock Processes of under the National Academy of Sciences of Ukraine (IFGP NAS of Ukraine), Dnepropetrovsk, Ukraine, andrey.khorolskiy@mail.ru

Анотація. Стаття спрямована на підвищення несучої здатності гідростійок механізованого кріплення. У наближенні плоскої деформації і повторно статичного навантаження корпусу гідравлічної стійки механізованого кріплення ЗКД90, виконана оцінка граничного стану вузла при використанні в його конструкції зміцнених автоскрепленням шарів або застосуванні двошарового корпусу. Встановлено, що серійна конструкція гідростійки (з коефіцієнтом товстостінності 1,2) і використовуваний в ній матеріал (сталь 35ХГСА, $\sigma_p = 1000$ МПа) не забезпечують пружний режим експлуатації корпусу при підвищенні тиску до 150 МПа при зміцненні корпусів гідроциліндрів бандажуванням, автоскрепленням, застосуванням легованих штампових сталей і сплавів.

Для забезпечення пружного режиму в зазначеному діапазоні необхідне збільшення товстостінності корпусу до $m \geq 1,4$ при використанні автоскреплення одношарового корпусу або двошарової бандажоюваної схеми.

Ключові слова: гідроциліндр механізованого кріплення, гранична міцність, схеми зміцнення, автоскреплення, багатошаровість, високоміцні штампові сталі і сплави.

Abstract. The article is directed on the increase of bearing strength of the hydraulic props of mechanized fastening. In approaching of flat deformation and repeatedly static loading of corps of hydraulic prop of the mechanized fastening ЗКД90, executed estimation of the maximum state of knot at the use in its construction of fixed autho-faste glowed or application of bi-slice corps. It is set that serial construction of hydraulic prop (with the coefficient of thick-walled 1,2) and using in it material (steel of 35ХГСА, $\sigma_p = 1000$ МПа) not resilient mode of exploitation of corps at the increase of pressure of to 150 МПа at strengthening of corps of hydraulic cylinder of bandaging, auto-faste, by application of alloyed stamp steels and alloys.

For providing of the resilient mode in the noted range necessary increase of thick-walled corps to to $m \geq 1,4$ at the use of autho-faste one-sliced corps or bi-slictd bandaging chart.

Keywords: hydraulic cylinder of the mechanized fastening, maximum durability, charts of strengthening, automatic bond, multilayer, high-strength stamp steels and alloys.

Стаття поступила в редакцію 10.10.2015

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук К.К. Софійским