
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

УДК 621.86.06

**ВАРИАНТ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ УСТРОЙСТВА
ТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ЗАХВАТА ДЛЯ ПОДЪЕМА
УПАВШИХ КАССЕТ В РЕАКТОРЕ ТИПА ВВЭР**

© 2019 П.Д. Кравченко*, Д.Н. Федоренко**, Ю.П. Косогова*

**Волгодонский инженерно-технический институт – филиал научного исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

***ООО «Атомспецсервис», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

Рассмотрен вариант схемы точного позиционирования подвешенного устройства для наведения на упавшую в реактор типа ВВЭР кассету. Схема предложена вместо применяемого грузоподъемного устройства с длинными телескопическими звеньями.

Ключевые слова: точное позиционирование, грузоподъемное устройство, канатный подвес, сдвоенный полиспаст.

Поступила в редакцию 12.02.2019

После доработки 21.02.2019

Принята к публикации 28.02.2019

Известные конструктивные схемы канатных полиспастов не могут обеспечить благоприятные условия набегания каната на барабан и с барабана на блок при фиксированных осях верхних блоков. Это приводит к износу, как самого подъемного каната, так и боковых сторон (ручьев) неподвижных блоков полиспаста, особенно в случаях, когда приводной подъемный барабан расположен близко к блокам полиспаста [1-4].

Кроме того, в особых случаях, например, при работе подъемного устройства в радиоактивной зоне по безлюдной технологии, когда требуется высокая точность неоднократного наведения подвижного блока полиспаста с захватным устройством на объект, существующая конструктивная схема не сможет обеспечить требуемую точность.

Существующая конструкция машины перегрузочной МП1000 [5-11] позволяет обеспечить необходимую точность ± 2 мм наведения исполнительного органа на объект, используя прямолинейное удлинение элементов жесткой телескопической рабочей штанги.

Поведение гибкого канатного подвеса при перемещении его в воде по вертикали на сдвоенном полиспасте пока не исследовано.

Можно предположить, что при неподвижных верхних блоках подъемного устройства, наведенного на координаты объекта, опускание подвижных нижних блоков подвешенного устройства будет происходить не строго по вертикали в связи с разными усилиями в канатах на набегающей и сбегавшей ветвях, связанными с потерями в блоках подвески, хотя и незначительными.

С другой стороны, набегание каната на верхний блок полиспаста под различными углами девиации при наведении на объект тоже может оказать влияние на величину отклонения подвешенного устройства от вертикали, предположительно тоже

незначительное. Требуемая точность наведения может быть обеспечена применением специальных направляющих посадочных поверхностей подвешного устройства для его точной посадки на объект.

Исследование процесса перемещения подвешного устройства в этих случаях является, очевидно, необходимым.

Утверждать о требуемой точности наведения ± 2 мм в этом случае нет оснований. Нужна экспериментальная проверка в лабораторных и производственных условиях.

Однако устранить влияние девиации каната при сбегании с длинного барабана на верхний блок полиспаста при большой глубине расположения упавшей кассеты можно с применением простого конструктивного решения.

Предлагаемое устройство представлено на рисунке 1.

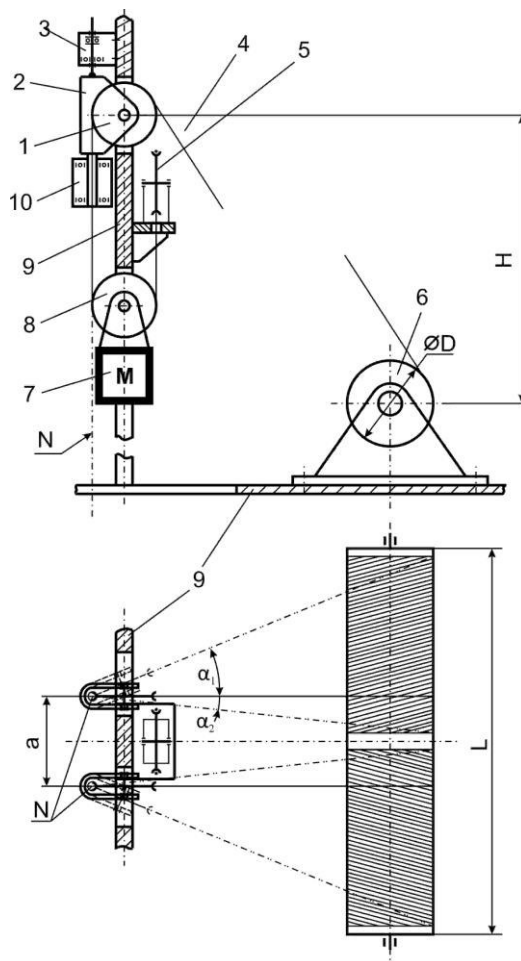


Рисунок 1 – Устройство точного позиционирования при наведении на координаты устройства на канатном подвесе в двойном полиспасте: 1 – верхний блок; 2 – обойма поворотная; 3 – опора верхняя; 4 – канат; 5 – блок уравнивающий; 6 – барабан приводной; 7 – устройство захватное с дополнительным грузом **М**; 8 – блок нижний подвижный; 9 – базовая опорная конструкция; 10 – опора нижняя; **а** – расстояние между осями верхнего и нижнего блоков полиспаста; **Н** – оси канатов сдвоенного полиспаста; α_1 , α_2 – углы отклонения (девиации) набегания каната с подъемного барабана на блоки; **М** – дополнительная нагрузочная масса; **Н** – расстояние между осями верхнего блока 1 и подъемного барабана 6; $\varnothing D$ – диаметр подъемного барабана; **L** – длина подъемного барабана [A device for precise positioning when pointing to the coordinates of the device on a cable suspension in a double chain hoist: 1 – upper unit; 2 – swivel holder; 3 – upper support; 4 – rope; 5 – balancing unit; 6 – drive drum; 7 – gripping device with additional load **M**; 8 – lower moving unit; 9 – basic support structure; 10 – lower support; **a** – the distance between the axes of the upper and lower blocks of the chain hoist; **N** – axes of the ropes of the double tackle; α_1 , α_2 – angles of deviation of the rope running from the lifting drum onto the blocks; **M** – additional loading weight; **H** – the distance between the axes of the upper unit 1 and the lifting drum 6; $\varnothing D$ – diameter of the lifting drum; **L** – the length of the lifting drum]

Верхний неподвижный блок 1 установлен в обойме 2, смонтированной на опорах 3 и 10, жестко прикрепленных к несущей металлоконструкции 9.

Канат 4 сдвоенного полиспаста сходит с приводного барабана 6, обходит один верхний блок 1, нижний блок 8, уравнивающий блок 5, возвращается обратно через другие парные блоки 8 и 5, далее – на барабан 6 диаметра $\varnothing D$.

К нижнему подвижному блоку 8 подвешено устройство 7 захвата объекта с дополнительным грузом массой M , обеспечивающей вертикальное перемещение по осям N .

Оси опор 3 и 10 неподвижного блока 1 расположены на расчётном расстоянии от оси симметрии сдвоенного полиспаста так, что при любом смещении каната по приводному барабану под углами девиации α_1 и α_2 они совпадают с осями N сбегания или набегания каната на блоки 1.

Кроме того, канаты проходят через направляющие отверстия в блоке 10 и опоре блока 5 так, что расстояние a между двумя вертикальными осями N канатов всегда будет постоянным, а канат не будет испытывать дополнительных деформаций и напряжений при набегании и сбегании с барабана 6 на блоки 1. Высота H верхнего блока 1 относительно подъёмного барабана 6 диаметром $\varnothing D$ должна быть такая, чтобы угол набегания каната на блок 1 не превышал 6° относительно осевой плоскости ручья блока.

Рассмотренный вариант новой конструктивной схемы [12-15] устройства точного наведения на упавшие вертикально кассеты, отличается применением поворотных блоков, обеспечивающих в полиспастной системе возможность перемещения захватного устройства с дополнительной нагрузочной массой строго по вертикальной оси, как при захвате кассеты, так и при её подъеме. Следует отметить, что рассмотренная конструктивная схема предложена к применению в новой погрузочной машине с гибким канатным подвесом автоматических грузозахватных устройств [12], однако при подъеме упавших кассет требуется применение в захватном устройстве дополнительной массы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Качур, С.А. Модель функционирования системы наведения перегрузочных машин АЭС на основе сетей Петри [Текст] / С.А. Качур, Н.В. Шахова, А.А. Халина // Энергетические установки и технологии. – 2017. – Т. 3. – № 2. – С. 35-40.
2. Авдеев, А.А. Машины перегрузки ядерного топлива нового поколения для энергоблоков проекта АЭС-2006 С ВВЭР-1200 [Текст] / А.А. Авдеев [и др.] // Интеграл. – 2010. № 1. – С. 28-33.
3. Патент РФ на изобретение № 2380206 Российская Федерация МПК: B23K1102, B23K1110, B23K3102, G21C310, G21C2100. Способ изготовления тепловыделяющего элемента ядерного реактора [Текст] / Чапаев И.Г., Струков А.В., Яичников С.В., Кислицкий А.А., Петров А.Н., Лузин А.М., Юрин П.М.; Заявитель и патентообладатель открытое акционерное общество «Новосибирский завод химконцентратов». – № 2007108867/02; заявл. 09.03.2007; опубл. 27.01.2010.
4. Margolin, B.Z. Radiation embrittlement of support structure materials for WWER RPVS / B.Z. Margolin [and others] // Journal of nuclear materials. Elsevier Science Publishing Company, Inc. 2018. VOL. 508. P. 123-138.
5. Яблоновский, И.М. Вероятностный анализ безопасности перегрузочной канатной машины для реакторов типа ВВЭР [Текст] / И.М. Яблоновский // Тяжелое машиностроение. – 2008. – № 3. – С. 5-8.
6. Лапкис, А.А. Особенности продления срока эксплуатации перегрузочных машин энергоблоков с реакторами ВВЭР-1000 [Текст] / А.А. Лапкис, В.Н. Никифоров, О.Ю. Пугачева // Глобальная ядерная безопасность. – 2016. – № 1 (18). – С.95-103.
7. Жемчугов, Г.А. Новое поколение комплекса электрооборудования для перегрузочных машин АЭС с реакторами типа ВВЭР-1000 [Текст] / Г.А. Жемчугов, А.Н. Казачков, Ю.Т. Портной, М.А. Смирнитский // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – 2004. – Т. 101. – С. 200-218.

8. Лапкис, А.А. Виброакустическая паспортизация режимов работы машин перегрузочных энергоблоков ВВЭР [Текст] / А.А. Лапкис, В.Н. Никифоров, Л.А. Первушин // Глобальная ядерная безопасность. – 2018. – № 2 (27). – С.82-90.
9. Панасенко, Н.Н. Оптимизация амплитудно-частотных характеристик металлоконструкций подъемно-транспортных машин [Текст] / Н.Н. Панасенко, Р.К. Асадулин // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2005. – № 2 (25). – С.71-80.
10. Коробкин, В.В. Информационно-управляющая система машины перегрузочной нового поколения [Текст] / В.В. Коробкин, В.П. Поваров // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2017. – №3. – С. 98-107.
11. Кравченко, П.Д. Инновационные проектные решения в атомном машиностроении [Текст] / П.Д. Кравченко // Глобальная ядерная безопасность. – 2012. – № 4 (5). – С. 60-65.
12. Kravchenko, P.D., Fedorenko, D.N. Heuristic Method of Design of the Load Gripping and Manipulating Devices For Work In Special Conditions. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 10, Number 6 (2015), pp. 14537-14542.
13. Кравченко, П.Д. Проблема совершенствования транспортно-технологического оборудования в атомном машиностроении на примере перегрузочной машины [Текст] / П.Д. Кравченко, А.Д. Маляренко // Глобальная ядерная безопасность. – 2016. – № 1 (18). – С. 87-94.
14. Kravchenko, P.D., Fedorenko, D.N. New Engineering Decisions in Nuclear Engineering. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences ISSN 1819-6608 VOL. 11, № 3, February. 2016. P. 1951-1955.
15. Патент РФ на изобретение № 2332729 Российская Федерация С1 МПК G 21 С 3/00 (2006.01). Подвесное автоматическое устройство поворота и захвата пробки пенала. [Текст] / П.Д. Кравченко, И.М. Яблоновский, В.С. Магальясов; Заявитель и патентообладатель Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса. – № 2007111699/06; Заявл. 29.03.2007; Оpubл. 27.08.2008, Бюл. №24.

REFERENCES

- [1] Kachur S.A., Shahova N.V., Halina A.A. Model` funkcionirovaniya sistemy` navedeniya peregruzochny`x mashin AE`S na osnove setej Petri [Functioning Model of the Aiming System of Shifting Machines of APP on the Basis of the Petry Nets]. E`nergeticheskie ustanovki i tehnologii [Power Plants and Technologies]. 2017. VOL. 3. №2. P. 35-40 (in Russian).
- [2] Avdeev A.A., Kobelev A.M., Silnikov D.V., Efremov S.M., Pinchuk M.E., Marchenko S.A., Korobkin V.V. Mashiny` peregruzki yadernogo topliva novogo pokoleniya dlya e`nergoblokov proekta AE`S-2006 S VVE`R-1200 [Machine Overload of Nuclear Fuel for a New Generation of Power Units of NPP-2006 Project with WWER-1200]. Integral] 2010. №1. P. 28-33 (in Russian).
- [3] Patent RF na izobretenie. № 2380206 Rossijskaya Federaciya MPK: B23K1102, B23K1110, B23K3102, G21C310, G21C2100 [Patent of the Russian Federation for Invention № 2380206 Russian Federation B23K1102, B23K1110, B23K3102, G21C310, G21C2100]. Sposob izgotovleniya teplovy`delyayushhego e`lementa yadernogo reaktora [Method for Manufacturing of Nuclear Reactor Fuel Element]. I.G. Chapaev, A.V. Strukov, S.V. Jaichnikov, A.A. Kislitskij, A.N. Petrov, A.M. Luzin, P.M. Jurin. Zayavitel` i patentoobladatel` otkry`toe akcionernoe obshhestvo «Novosibirskij zavod ximkoncentratov» [Applicant and Patentee of the Company «Novosibirsk Plant of Chemical Concentrates»]. № 2007108867/02. Appl. 09.03.2007. Publ. 27.01.2010 (in Russian).
- [4] Margolin B.Z., Yurchenko V., Kostylev V.I., Morozov A.M., Varovin A.Y., Rogozkin S.V., Nikitin A.A. Radiation embrittlement of support structure materials for WWER RPVS. Journal of nuclear materials. Elsevier Science Publishing Company. Inc. 2018. VOL. 508. P. 123-138 (in English).
- [5] Yablonovskiy. I.M. Veroyatnostny`j analiz bezopasnosti peregruzochnoj kanatnoj mashiny` dlya reaktorov tipa VVE`R [Probabilistic Analysis of Safety of Shifting Rope Machine for the WWER Reactors]. Tyazheloe mashinostroenie [Heavy Mechanical Engineering]. 2008. № 3. P. 5-8 (in Russian).
- [6] Lapkis A.A., Nikiforov V.N., Pugacheva O.Yu. Osobennosti prodleniya sroka e`kspluatatsii peregruzochny`x mashin e`nergoblokov s reaktorami VVE`R-1000 [Operation Extension Features of Overload Machines of WWER -1000 Reactors Power Units]. Globalnaya yadernaya bezopasnost [Global nuclear safety]. 2016. № 1 (18). P. 95-103 (in Russian).
- [7] Zhemchugov G.A., Kazachkov A.N., Portnoy Y.T., Smirnitskii M.A. Novoe pokolenie kompleksa e`lektrooborudovaniya dlya peregruzochny`x mashin AE`S s reaktorami tipa VVE`R-1000 [New Generation of Complex Electrical Equipment for Reloading Machines of NPPs with WWER

- Reactors]. *Voprosy` e`lektromexaniki. Trudy` VNIIE`M* [Questions of Electromechanics. Proceedings VNIIE`M]. 2004. Vol. 101. P. 200-218 (in Russian).
- [8] Lapkis A.A., Nikiforov V.N., Pervushin L.A. Vibroakusticheskaya pasportizaciya rezhimov raboty` mashin peregruzochny`x e`nergoblokov VVE`R [Vibroacoustical Certification of Operating Modes of WWER Fuel-Handling Machines]. *Globalnaya yadernaya bezopasnost* [Global Nuclear Safety]. 2018. № 2 (27). P. 82-90 (in Russian).
- [9] Panasenko N.N., Asadulin R.K. Optimizaciya amplitudno-chastotny`x xarakteristik metallokonstrukcij pod`emno-transportny`x mashin [Optimization of Amplitude-Frequency Characteristics of Metal Structures of Hoisting-and-Transport Machines]. *Vestnik Astraxanskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta* [Bulletin of Astrakhan State Technical University]. 2005. №2 (25). P. 71-80. (in Russian).
- [10] Korobkin V.V., Povarov V.P. Informacionno-upravlyayushhaya sistema mashiny` peregruzochnoj novogo pokoleniya [A New-Generation Information Controlling System for the Refueling Machine]. *Izvestiya vy`sshix uchebny`x zavedenij. Yadernaya e`nergetika* [News of Higher Educational Institutions. Nuclear Power]. 2017. №3. P. 98-107 (in Russian).
- [11] Kravchenko P.D. Innovacionny`e proektny`e resheniya v atomnom mashinostroenii [Innovative Design Solutions in Nuclear Engineering]. *Globalnaya yadernaya bezopasnost* [Global nuclear safety]. 2012. № 4 (5). P. 60-65 (in Russian).
- [12] Kravchenko P.D., Fedorenko D.N. Heuristic Method of Design of the Load Gripping and Manipulating Devices For Work In Special Conditions. *International Journal of Applied Engineering Research* ISSN 0973-4562 Volume 10, Number 6. 2015. P. 14537-14542 (in English).
- [13] Kravchenko P.D., Malyarenko, A.D. Problema sovershenstvovaniya transportno-texnologicheskogo oborudovaniya v atomnom mashinostroenii na primere peregruzochnoj mashiny` [The Challenge of Improving Transport and Technological Equipment in Nuclear Power Engineering; Handling Machine]. *Globalnaya yadernaya bezopasnost* [Global Nuclear Safety]. 2016. № 1 (18). P. 87-94 (in Russian).
- [14] Kravchenko P.D., Fedorenko D.N. New Engineering Decisions in Nuclear Engineering. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences* ISSN 1819-6608 VOL. 11, № 3, February. 2016. P. 1951-1955 (in English).
- [15] Patent RF na izobretenie № 2332729 Rossijskaya Federaciya S1 MPK G 21 C 3/00 (2006.01). Podvesnoe avtomaticheskoe ustrojstvo povorota i zavzata probki penala [Patent of the Russian Federation for Invention № 2332729 Russian Federation C1, IPC G 21 C 3/00 (2006.01). Suspended Automatic Device for Turning and Capturing the Plug of Case]. P.D. Kravchenko, I.M. Yablonovskiy, M.S. Mahalasa. Zayavitel` i patentoobladatel` Yuzhno-Ros. gos. un-t e`konomiki i servisa [Applicant and Patentee of the South Russian State University of Economics and Service]. №2007111699/06; Appl. 29.03.2007; Publ. 27.08.2008. Byul. № 24 (in Russian).

Design Version of the Device, Exact Positioning of the Gripper for Lifting the Fallen Cassettes in the WWER Reactor

P.D. Kravchenko^{*1}, D.N. Fedorenko^{2}, Y.P. Kosogova^{*3}**

^{}Volgodonsk Engineering Technical Institute, the Branch of the National Research Nuclear University "MEPhI", Lenin St., 73/94, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360*

¹ORCID iD: 0000-0003-3437-9998

WoS Researcher ID: G-5279-2017

e-mail: krapa21@yandex.ru

³ORCID iD: 0000-0003-3952-7814

WoS Researcher ID: Y-4338-2018

e-mail: kosogova-up@yandex.ru

*^{**}Atomspetsservis Ltd, Vosmaya Zavodskaya St., 23, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347469*

²ORCID iD: 0000-0003-2483-7801

WoS Researcher ID: G-5164-2017

e-mail: fdn999@ya.ru

Abstract – The paper presents the variant of the scheme of precise positioning of the suspension device for pointing at the fallen WWER reactor cassette. The scheme is offered instead of the applied load-lifting device with long telescopic links.

Keywords: precise positioning, lifting device, rope suspension, double polyspast.