

---

---

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ  
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

---

---

УДК 621.86.06

**ВАРИАНТЫ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ ЗАХВАТОВ  
ДЛЯ ПОДЪЕМА УПАВШИХ РАСПОЛОЖЕННЫХ  
ГОРИЗОНТАЛЬНО КАССЕТ В РЕАКТОРЕ ТИПА ВВЭР**

© 2018 П.Д. Кравченко\*, Д.Н. Федоренко\*\*

\* *Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета МИФИ, Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

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

В работе предложены эскизные конструктивные схемы захватов для подъёма упавших расположенных горизонтально кассет в реакторе типа ВВЭР. Рассмотрены варианты схем автоматизации процесса захвата кассет. Создана база для усовершенствования автоматических грузозахватных устройств (АГЗУ) для подъёма упавших кассет.

*Ключевые слова:* автоматические грузозахватное устройство, подъём упавшей кассеты, ядерный реактор АЭС.

Поступила в редакцию 26.02.2018

Отсутствие специального оборудования для подъёма упавших кассет или гермопеналов в реакторе типа ВВЭР привело к необходимости его создания, т.к. нештатные ситуации с подъёмом этих объектов могут возникнуть за время транспортно-перегрузочных операций.

Множество грузозахватных устройств [1–4, 8–10, 14–23] предназначены для работы с различными объектами различной массы и конфигураций представленных в общетеоретическом инженерном плане, позволяющем проектировать, в том числе, и автоматические грузозахватные устройства (АГЗУ).

Создание АГЗУ для упавших кассет и гермопеналов является весьма сложным процессом, т.к. АГЗУ должен быть высоконадежным устройством при работе в воде и в радиоактивной зоне.

Задача создания таких устройств может быть успешно решена эвристическими методами [5–7, 24].

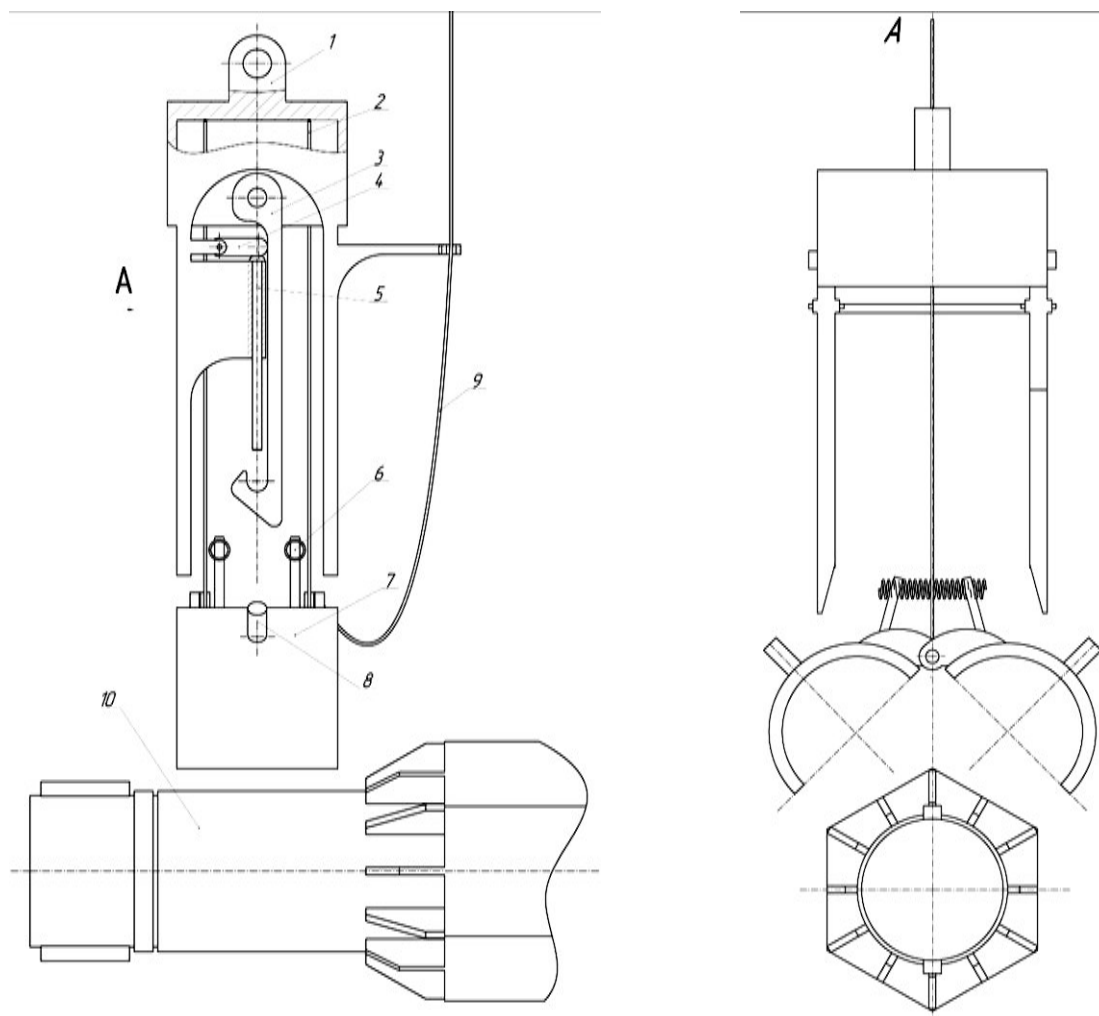
Особенностью процесса подъёма упавших кассет и гермопеналов является условие применения гибкого подвеса, т.к. существующие перегрузочно-транспортное оборудование даже при его усовершенствовании не приведёт к оптимальным условиям ввиду сильного усложнения существующих конструкций.

Схематически представленные конструкции захватов для подъёма упавших расположенных наклонно кассет [25] показывает варианты конструктивных схем, которые могут быть исходными конструкциями при создании новых АГЗУ.

Мы представляем исходные конструктивные схемы вариантов захвата упавших кассет или пеналов, расположенных горизонтально.

На рисунке 1 представлена эскизная схема захвата в положении наведения на упавшую расположенную горизонтально кассету в реакторе типа ВВЭР.

Захват состоит из корпуса 1, подвешенного к подъёмному устройству на гибком подвесе; двух канатов 2 подвеса разрезной втулки, предназначенной для обхвата цилиндрической части кассеты; крюка фасонного 3, предназначенного для захвата за шипы 8 разрезной втулки; фиксатора 4, предназначенного для фиксации крюка фасонного 3 в отведённом состоянии перед освобождением кассеты, установленной уже в вертикальном положении на твёрдом основании; толкателя 5, поворачивающего фиксатор при его подъёме в процессе освобождения кассеты; пружины 6, предназначенной для удержания разрезной втулки в раскрытом положении при опускании захвата на объект; канатов 9 подвеса для подъёма разрезной втулки в положении, параллельном оси упавшей кассеты.



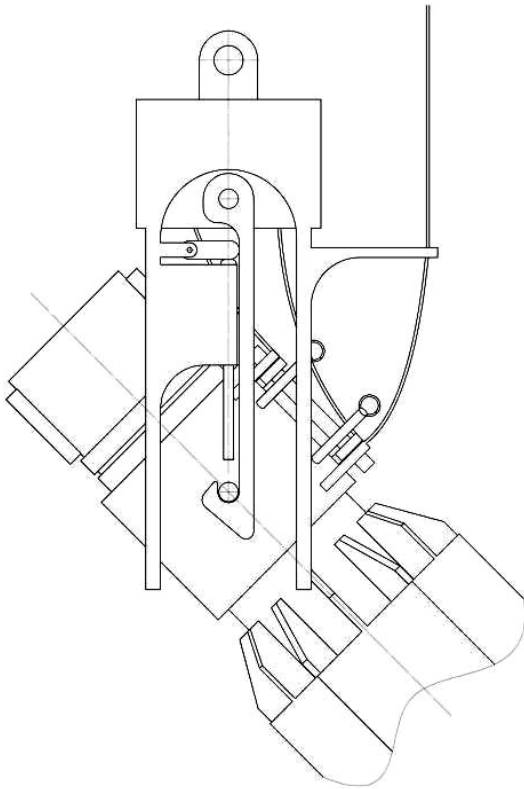
**Рис. 1.** – Схема захвата в положении наведения на объект: 1 – корпус, 2 – канат подвеса разрезной втулки, 3 – крюк фасонный, 4 – фиксатор, 5 – толкатель, 6 – пружина, 7 – втулка разрезная, 8 – шип, 9 – канат подвеса при подъёме втулки разрезной, 10 – кассета [Schematic of capture in the position of object guidance: 1 - body, 2 - rope suspension of the split sleeve, 3 - hook shaped, 4 - retainer, 5 - pusher, 6 - spring, 7 - shear, 8 - tenon, 9 - rope suspension lifting bush cut, 10 - fuel assembly]

На виде А представлено положение захвата с изображением двух боковин корпуса, которые фиксируют замкнутое положение разрезной втулки, преодолевая слабое сопротивление пружины. В боковинах корпуса расположен крюк фасонный, толкатель и фиксатор.

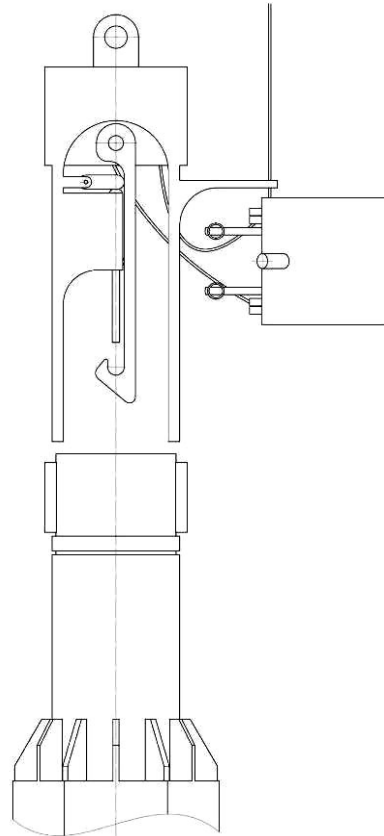
На рисунке 2 показана схема положения захвата в период подъёма объекта с поворотом относительно противоположной неподвижной точки опоры. В этом

положении канаты 2 подвеса втулки разрезной и канат 9 подвеса для подъёма втулки разрезной находятся в свободном состоянии.

Рисунок 3 представляет схему положения захвата после установки кассеты на твёрдое основание. В этом положении канатом 9 подвеса для подъёма втулка разрезная вытягивается из зоны взаимодействия с боковинами корпуса, преодолевая силу трения втулки о боковины корпуса, создаваемую за счёт пружины 6.



**Рис. 2.** – Схема положения захвата в период подъёма объекта [Scheme of the grip position during the lifting of the object]



**Рис. 3.** – Схема положения захвата после установки объекта на твёрдом основании [Scheme of capture position after installation of the object on a solid foundation]

Промежуточные положения не показаны, представленные на вышеуказанных рисунках схемы достаточно информативны для последующего процесса конструирования захвата.

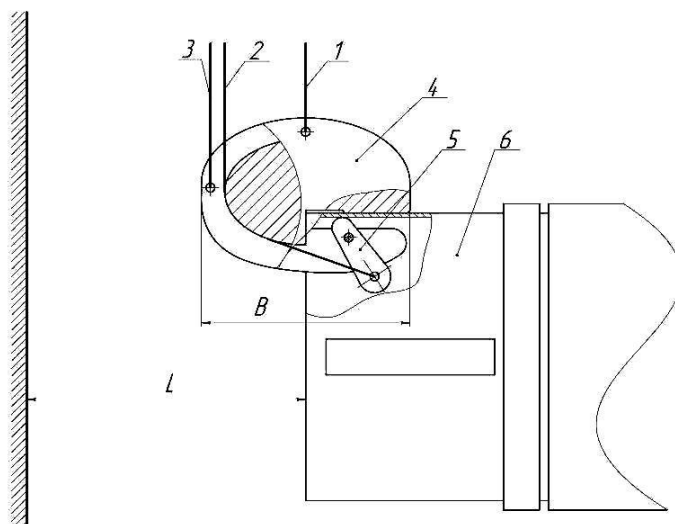
Процесс освобождения захвата от объекта достаточно подробно объясняется в изобретении [22].

На рисунке 4 представлена исходная конструктивная схема эксцентрикового захвата кассеты.

Захват представлен условно подвешенным на канатах: 1 – при наведении на объект; 2 – при зажиме и подъёме объекта; 3 – при освобождении захвата от объекта.

Захват состоит из корпуса 4 с эксцентриком 5. Такая конструктивная схема может быть функционально пригодной в случае, если расстояние  $L$  от торца кассеты до препятствия – стенки бассейна выдержки – больше габаритного размера  $B$  – ширины захвата.

В этом случае требуется три привода подъёма канатов, что конструктивно выполнить весьма затруднительно. Однако использование эвристических методов проектирования [5] позволяет отказаться от трёх приводов, используя только один с переацеплением за опорные точки.



**Рис. 4.** – Исходная эскизная конструктивная схема эксцентрикового захвата кассеты: 1 – канат подвеса захвата при наведении на объект; 2 – канат зажима и подъема объекта; 3 – канат освобождения захвата от объекта; 4 – корпус захвата; 5 – эксцентрик; 6 – кассета; L – расстояние от торца кассеты до препятствия; B – габаритный размер (ширина) захвата [The initial design sketch of the eccentric grip of the fuel assembly: 1 - rope suspension grip when pointing at the object; 2 - rope clamping and lifting the object; 3 - rope release of capture from the object; 4 - grip housing; 5 - eccentric; 6 - fuel assembly; L is the distance from the end of the fuel assembly to the interfering; B - overall size (width) of the grip]

Представленная схема вполне функционально пригодна: используя нахождение центра масс захвата на вертикальной оси в моменты зацепления и расцепления (условно положения 1 и 3 канатов), процесс зацепления и расцепления становится простым.

Затруднения вызывает случай зажима (защемления) эксцентрика в контакте с кассетой. В этом случае возможно найти простое решение, однако это уже «know-how», находимое с использованием эвристических приёмов [5].

Возможно и другое конструктивное решение с захватом за цилиндрическую часть кассеты разрезными втулками при другой конструктивной схеме.

Настоящей работой авторы представили исходную базу для конструктивных решений при создании АГЗУ с возможно более простыми, а, следовательно, более надёжными параметрами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будов, В.М. и др. Конструирование основного оборудования АЭС: Учеб. пособие для вузов [Текст] / В.М. Будов, В.А. Фарафонов. – М.: Энергоатомиздат 1985. – 264 с.
2. Оберман, Я.И. Строповка грузов [Текст] / Я.И. Оберман: Справ. изд.: Металлургия, 1990. – 336 с.
3. Челпанов, И.Б. и др. Схваты промышленных роботов [Текст] / И.Б. Челпанов, С.Н. Колпашников. – Л.: Машиностроение, 1989. – 287 с.
4. Вайнсон, А.А. и др. Специализированные крановые грузозахваты для штучных грузов [Текст] / А.А. Вайнсон, А.Ф. Андреев. – М.: Машиностроение, 1972. – 200 с.
5. Половинкин, А.И. и др. Основы инженерного творчества [Текст] / А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
6. Настасенко, В.О. Морфологический анализ – метод синтеза тысяч изобретений [Текст] / В.О. Настасенко: Монография. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Хресон: Айлант, 2015. – 100 с.
7. Джонс, Дж.К. Методы проектирования [Текст] / Дж.К. Джонс: Пер. с англ. – 2-е изд., доп. – М.: Мир, 1986. – 326 с.
8. Кравченко, П.Д. и др. Автоматический захват [Текст] / П.Д. Кравченко, А.М. Семенцев, Л.А. Первушин, С.А. Елецкий. А.с. 1710486 СССР, МКИ В 66 С1/66
9. Кравченко, П.Д. и др. Проектирование нестандартного оборудования. Тяжёлое и атомное

- машиностроение П. Д. Кравченко, А.Н. Дудченко, В.А. Нарыжный, Т.В. Рыбасова, Е.А. Косова: монография. / Под ред. П.Д. Кравченко. – Шахты: ЮРГУЭС 2001. – 279 с.
10. *Кравченко, П.Д. и др.* Автоматизированное грузозахватное устройство. Патент РФ на изобретение № 2268229 Российская Федерация С1 МПК В66С 1/66 [Текст] / П.Д. Кравченко, И.В. Березин, Е.В. Березин, И.А. Шестакова.; Заявитель и патентообладатель Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса. – №2004114612; заявл. 13.05.2004; опубл. 20.01.2006, Бюл. №26.
  11. *Кравченко, П.Д. и др.* Сравнение конструктивных схем машин перегрузочных с жёстким и гибким подвесом исполнительного органа. Машиностроение и техносфера XXI века [Текст] / П.Д. Кравченко, И.М. Яблоновский // Сборник трудов XIII международной научно – технической конференции в г. Севастополе 2006 г. В 5-ти томах. – Донецк: ДонНТУ, 2006. – Т. 2. – 324 с.
  12. *Кравченко, П.Д. и др.* Машина МПК с канатным подвесом объектов перегрузки в ядерном реакторе типа ВВЭР [Текст] / П.Д. Кравченко, В.С. Магальясов, И.М. Яблоновский // Актуальные проблемы техники и технологии: межвузовский сб. науч. трудов / под ред. А. Г. Сапронова. – Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2007. – 70 с.
  13. *Кравченко, П.Д. и др.* Новая конструкция перегрузочной машины атомной станции с ВВЭР – 1000. как результат эвристического инженерного поиска [Текст] / П.Д. Кравченко, И.М. Яблоновский, В.С. Магаласов // Проблемы экономики, науки и образования в сервисе: сб. науч. трудов / Год ред. П.Д. Кравченко. Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2007 – 271с.
  14. *Кравченко, П.Д. и др.* Устройство перегрузки топливных элементов в ядерном реакторе перегрузочными машинами с гибким подвесом объектов. Патент РФ на изобретение № 2319236 Российская Федерация С1 МПК G 21 С 19/66 (2006.01) [Текст] / П.Д. Кравченко, И.М. Яблоновский, В.С. Магальясов; Заявитель и патентообладатель Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса. – №2006119869/06; Заявл. 06.06.2006; опубл. 10.03.2008, Бюл. №7.
  15. *Кравченко, П.Д. и др.* Подвесное автоматическое устройство поворота крышки гермопенала. Патент РФ на изобретение № 2319234 Российская Федерация С1 МПК G 21 С 19/00 (2006.01) [Текст] / П.Д. Кравченко, И.М. Яблоновский; Заявитель и патентообладатель Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса. – №2006112706/06; Заявл. 17.04.2006; Опубл. 10.03.2008, Бюл. №7.
  16. *Кравченко, П.Д. и др.* Подвесное автоматическое устройство поворота и захвата пробки пенала. Патент РФ на изобретение № 2332729 Российская Федерация С1 МПК G 21С 3/00 (2006.01) [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; Опубл. 27.08.2008. Бюл.№24 – ил.
  17. *Кравченко, П.Д. и др.* Конструкторские решения при проектировании транспортно – технологического оборудования в атомном машиностроении [Текст] / П.Д. Кравченко, И.Ю. Пучкина, И.А. Шестакова: монография / Под ред. П.Д. Кравченко. – Шахты: ЮРГУЭС, 2008. – 186 с.
  18. *Кравченко, П.Д. и др.* Подвесной автоматический захватно-зажимной ловитель. Пат. 2474529 Российская Федерация С2 (51)МПК В66С 1.62 (2006.01) [Текст] / П.Д. Кравченко., И.М. Яблоновский, И.В. Березин, Д.Н. Федоренко; заявитель и патентообладатель Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса – №2011102098/11; Заявл. 20.01.2011.
  19. *Кравченко, П.Д. и др.* Цанговый захват трубы. Пат. 2476370 Российская Федерация С2 (51)МПК В66С 1/54 (2006.01) [Текст] / П.Д. Кравченко, А.И. Берела, И.В. Березин, Д.Н. Федоренко, И.М. Яблоновский; заявитель и патентообладатель Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса – №2011132195/07; Заявл. 29.07.2011.
  20. *Кравченко, П.Д. и др.* Подвесной автоматический захват-ловитель. Пат. 2474528 Российская Федерация С2 (51)МПК В66С 1./42(2006.01) [Текст] / П.Д. Кравченко, И.М. Яблоновский, И.В. Березин, Д.Н. Федоренко; заявитель и патентообладатель Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса – №2011102123/11; Заявл. 20.01.2011.
  21. *Кравченко, П.Д. и др.* Полуавтоматический захват универсального гнезда. Пат. 2481265 Российская Федерация С2 (51)МПК В66С 1/66 (2006.01) [Текст] / П.Д. Кравченко, А.И. Берела, И.В. Березин, Д.Н. Федоренко, И.М. Яблоновский; заявитель и патентообладатель Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса – №2011132196/07; Заявл. 29.07.2011.
  22. *Кравченко, П.Д. и др.* Подвесное автоматическое грузозахватное устройство [Текст] / П.Д. Кравченко, Д.Н. Федоренко, И.В. Березин, И.М. Яблоновский. Патент РФ на изобретение №2455251 Бюл.№19 от 10.07.2012 г.
  23. *Кравченко, П.Д. и др.* Автоматический захват плиты [Текст] / П.Д. Кравченко, Е.А. Зайцев, Д.Н. Федоренко, И.В. Березин, И.М. Яблоновский. Патент РФ на изобретение №2467944 Бюл. №33 от 27.11.2012 г.
  24. 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.

25. *Кравченко, П.Д. и др.* Организация процесса проектирования автоматических грузозахватных устройств для подъема упавших кассет в реакторе типа ВВЭР 1000 [Текст] / П.Д. Кравченко, Д.Н. Федоренко, В.Ю. Рябенко // Глобальная ядерная безопасность. – 2017. – №2(23). – С. 71–80.

## REFERENCES

- [1] Budov V.M., Farafonov V.A. Designing the main equipment of nuclear power plants: Proc. manual for universities. M. Pub. Energoatomizdat, 1985. – 264 p. (in Russian)
- [2] Oberman Ya.I. Stropovka cargo: Reference. izd. Pub. Metallurgy, 1990, 336 p. (in Russian)
- [3] Chelpanov I.B., Kolpashnikov S.N. Grips of industrial robots. Leningrad. Pub. Machine building. 1989, 287 p. (in Russian)
- [4] Vainson A.A., Andreev A.F. Specialized crane load grips for piece cargo. M. Pub. Mechanical Engineering, 1972. 200 p. (in Russian)
- [5] Polovinkin A.I. Fundamentals of engineering creativity. M. Mechanical Engineering, 1988, 368 p. (in Russian)
- [6] Nastasenko V.O. Morphological analysis – a method of synthesis of thousands of inventions. Ed. 2-nd, revised. and additional. Chreason. Pub. Ailant, 2015, 100 p. (in Russian)
- [7] Jones J.K. Design Methods: Trans. English. 2-nd ed., Ext. M. Mir [World], 1986, 326 p. (in Russian)
- [8] Kravchenko P.D., Sementsev A.M., Pervushin L.A., Yeletsky S.A. Automatic capture. A.S. 1710486 USSR, MKI V 66 C1 / 66 (in Russian)
- [9] Kravchenko P.D., Dudchenko A.N., Naryzhny V.A., Ryasova T.V., Kosova E.A. Design of non-standard equipment. Heavy and atomic engineering. Ed. By P.D. Kravchenko. Shahty, 2001, 279 p. (in Russian)
- [10] Kravchenko P.D., Berezin I.V., Berezin E.V., Shestakova I.A. Automated load-gripping device. Patent of the Russian Federation for invention No. 2268229 Russian Federation C1 IPC V66S 1/66; The applicant and the patent owner of Yuzhno-Ros. state. un-t economy and service. – №2004114612; claimed. 13.05.2004; publ. 20.01.2006, bul. №26 (in Russian)
- [11] Kravchenko P.D., Yablonovsky I.M. Comparison of constructive schemes of loading machines with rigid and flexible suspension of the executive body. Mechanical Engineering and Technosphere of the XXI Century. Proceedings of the XIII International Scientific and Technical Conference in Sevastopol 2006. In 5 volumes. – Donetsk, 2006. Vol. 2, 324 p. (in Russian)
- [12] Kravchenko P.D., Magalyasov V.S., Yablonovsky I.M. Machine with a cable suspension of overload objects in a nuclear reactor of the VVER type. Actual problems of technology and technology: interuniversity coll. sci. works / ed. by A.G. Sapronov. Shahty. Pub. Publishing House of SPSU, 2007, 70 p (in Russian)
- [13] Kravchenko P.D., Yablonovsky I.M., Magalason V.S. The new design of the reloading machine of the nuclear power plant with WWER-1000. As a result of heuristic engineering search. Problems of Economics, Science and Education in the Service: Sat. sci. works / ed. by P.D. Kravchenko. Shahty. Pub. Publishing House of the SPSU, 2007, 271 p. (in Russian)
- [14] Kravchenko P.D., Yablonovskiy I.M., Magalyasov V.S. The device of fuel cell overload in the nuclear reactor by reloading machines with flexible suspension of objects. Patent of the Russian Federation for invention No. 2319236 Russian Federation C1 IPC G 21 C 19/66 (2006.01). Applicant and patent holder of Yuzhno-Ros. state. un-t economy and service. – №2006119869/06; claimed. 06/06/2006; publ. 10.03.2008, bul. №7 (in Russian)
- [15] Kravchenko P.D., Yablonovsky I.M. Suspended automatic device for rotating the cover of the hermenefoil. Patent of the Russian Federation for Invention No. 2319234 Russian Federation C1 IPC G 21 C 19/00 (2006.01); The applicant and the patent owner of Yuzhno-Ros. state. un-t economy and service. – №2006112706/06; claimed. 17.04.2006; publ. 10.03.2008, bul. №7 (in Russian)
- [16] Kravchenko P.D., Yablonovsky I.M., Magalason V.S. Suspended automatic device for turning and capturing the cork of a pencil case. The patent of the Russian Federation for the invention №2332729 Russian Federation C1 IPC G 21C 3/00 (2006.01); the applicant and the patent holder of the South-Russian State University of Economics and Service. – №2007111699 / 06; 29.03.2007; publ. 27.08.2008. bul. №24 (in Russian)

- [17] Kravchenko P.D., Puchkina I.Yu., Shestakova I.A. etc. Design solutions for the design of transport and technological equipment in nuclear engineering: Monograph. Ed. by P.D. Kravchenko. Shahty, 2008. – 186 p. (in Russian)
- [18] Kravchenko P.D., Fedorenko D.N., Yablonovsky I.M., Berezin I.V. Suspended automatic catching-clamping device. Pat. 2474529 Russian Federation C2 (51) IPC B66C 1.62 (2006.01); the applicant and the patent owner of Yuzhno-Ros. state. University of Economics and Service №2011102098/11; claimed on 20.01.2011. (in Russian)
- [19] Kravchenko P.D., Berela A.I., Fedorenko D.N., Berezin I.V., Yablonovsky I.M. Collet grip tube. Pat. 2476370 Russian Federation C2 (51) IPC B66C 1/54 (2006.01); the applicant and the patent owner of Yuzhno-Ros. state. University of Economics and Service №2201132195/07; Application 29.07.2011. (in Russian)
- [20] Kravchenko P.D., Fedorenko D.N., Berezin I.V., Yablonovsky I.M. Suspended automatic catcher. Pat. 2474528 Russian Federation C2 (51) IPC B66C 1/42(2006.01); the applicant and the patent owner of Yuzhno-Ros. state. University of Economics and Service No. 2011102123/11; claimed on 01.20.2011. (in Russian)
- [21] Kravchenko P.D., Berela A.I., Fedorenko D.N., Berezin I.V., Yablonovsky I.M. Semi-automatic gripping of the universal socket. Pat. 2481265 Russian Federation C2 (51) IPC B66C 1/66 (2006.01); the applicant and the patent owner of Yuzhno-Ros. state. University of Economics and Service №2011132196/07; Application 29.07.2011. (in Russian)
- [22] Kravchenko P.D., Fedorenko D.N., Berezin I.V., Yablonovsky I.M. Suspended automatic lifting device. Patent of the Russian Federation for invention No. 2455251 Bul. №19 10.07.2012. (in Russian)
- [23] Kravchenko P.D., Zaitsev E.A., Fedorenko D.N., Berezin I.V., Yablonovsky I.M. Automatic grip plate. Patent of the Russian Federation for invention № 2467944 Bul. №33 27.11.2012. (in Russian)
- [24] 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. (in English)
- [25] Kravchenko P.D., Fedorenko D.N., Ryabenko V.Yu. Organization of the process of designing automatic load-gripping devices for lifting fallen cassettes in a WWER-1000 reactor. Globalnaya yadernaya bezopasnost [Global Nuclear Safety], 2017, №2(23), pp. 71–80. (in Russian)

## Variants of Constructive Schemes of Grippers for Lifting Dropped Horizontally Located Fuel Assemblies in the WWER Type Reactor

P.D. Kravchenko\*, D.N. Fedorenko\*\*

\* *Volgodonsk Engineering-Technical Institute – Branch of NRNU «MEPhI»,  
Lenina street, 73/94, Volgodonsk, Russia 347360  
e-mail: MPMkaf@mephi.ru*

\*\* *“Atomspetsservis” Ltd.  
Vosmaya Zavodskaya St., 23, Volgodonsk, Russia 347469  
e-mail: info@acc.bz*

**Abstract** – The paper proposes sketch constructive schemes of grippers for lifting dropped fuel assemblies located horizontally in the WWER type reactor. The variants of automation schemes for the process of capturing fuel assemblies are considered. A base has been created for the improvement of automatic load gripping devices for lifting dropped fuel assemblies.

*Keywords:* Automatic load gripping device, lifting, seizure, dropped fuel assemblies, nuclear reactor, NPP.