
**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 621.01

**ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ
ИЗДЕЛИЙ АТОМНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ**

© 2015 г. П.Д. Кравченко

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

Представлено обоснование целесообразности применения мобильного технологического оборудования при изготовлении изделий атомного энергетического машиностроения. Вместо известной системы СПИД – «станок – приспособление – инструмент – деталь» предложена система ДИПС – «деталь – инструмент – приспособление – станок», позволяющая отказаться от применения тяжелого крупногабаритного технологического оборудования и применять малогабаритное мобильное технологическое оборудование. Использование эвристических приемов при проектировании с использованием примеров из живой природы – «принцип паука», «принцип муравья», «принцип бобра» приводит к решениям, близким к оптимальным.

Ключевые слова: атомное машиностроение, технология, мобильные блоки, эвристические приемы.

Поступила в редакцию 20.05.2015

Рассмотрим схему технологического процесса изготовления корпусного оборудования установок водо-водяных энергетических реакторов (ВВЭР) – корпусов реакторов, парогенераторов, компенсаторов давления, ёмкостей системы аварийного охлаждения зоны. Это стальные объекты цилиндрической формы, изготавливающиеся из цилиндрических толстостенных обечайек и эллипсоидных днищ, свариваемых в единый узел с патрубками.

Традиционно технологический процесс механической обработки таких объектов проектировался по системе СПИД – «станок – приспособление – инструмент – деталь». Согласно этой системе станок выбирается, исходя из массогабаритных параметров обрабатываемой детали.

Схема механической обработки, перемещения и кантования цилиндрической толстостенной обечайки корпуса реактора типа ВВЭР представлена на рисунке 1.

Обечайка 1 устанавливается на токарно-карусельный станок 2 с помощью мостового крана 5; после механической обработки обечайка 1 перемещается по траектории 7,9 на кантователь 8, где происходит переустановка её на обработанный торец, далее происходит возврат обечайки на станок 2 для обработки необработанного торца.

При перемещении и кантовании обечайки 1 необходимо произвести 9 перестроповок – при установке на станке, перестроповки при установке на межпролётную рельсовую платформу, при установках и снятии обечайки на кантователе и при обратном перемещении её к станку.

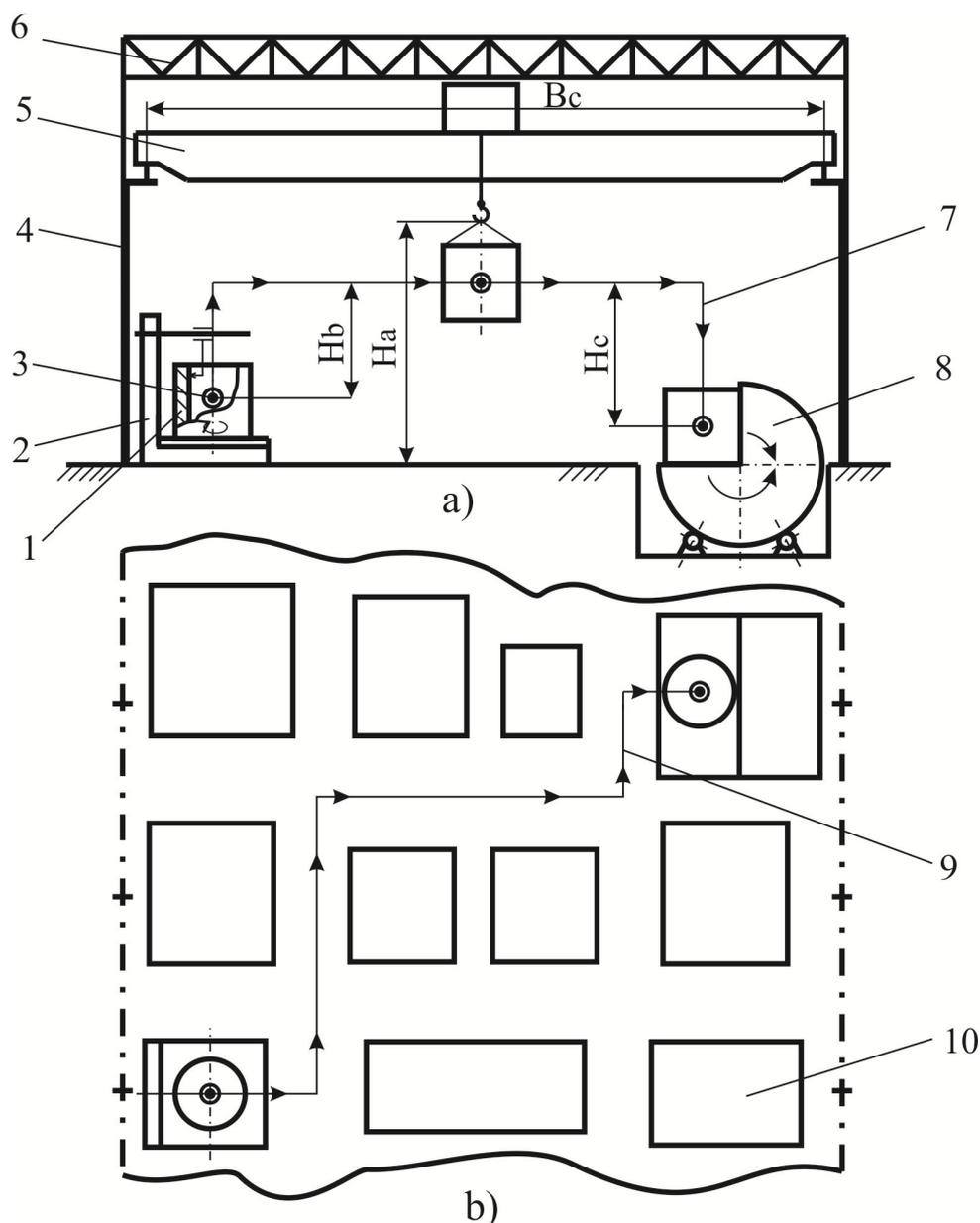


Рис. 1. – Схема перемещения и кантования объектов при механической обработке по традиционной технологии:

- 1 – цилиндрическая толстостенная обечайка; 2 – токарно-карусельный станок;
 - 3 – центр масс обечайки; 4 – несущие подкрановые колонны; 5 – мостовой кран;
 - 6 – строительные конструкции перекрытия; 7 – траектория движения центра масс обечайки в фронтальной проекции; 8 – напольный кантователь; 9 – траектория движения центра масс обечайки в горизонтальной проекции; 10 – металлообрабатывающее оборудование;
- H_a – полная высота подъёма кранового крюка; H_b , H_c – высота подъёма центра масс обечайки при перемещении и кантовании; B_c – ширина кранового пролета

Отметим, что в процессе перемещения происходит подъём объекта на высоту H_b и H_c при перемещении и кантовании при полной высоте подъёма H_a кранового крюка. Процесс перемещения обечайки длится, согласно хронометражным наблюдениям, несколько часов.

Масса токарно-карусельного станка M_c для обработки объекта в 2...5 раз больше массы объекта M_o ; масса вращающихся частей станка ориентировочно равно массе

объекта. При механической обработке на токарно-карусельном станке подача резца незначительная, объект вращается вместе с планшайбой, что требует значительных энергозатрат.

Процесс перемещения и кантования объекта также требует значительных энергозатрат, т. к. объект перемещается вместе с краном, масса M_k которого превышает массу обечайки M_o , особенно при большом значении ширины B_c кранового пролета.

Металлообрабатывающее оборудование, применяющееся согласно системе СПИД, отличается большими массогабаритными параметрами; подкрановые опорные конструкции и строительные конструкции перекрытий цехов также имеют значительные массогабаритные параметры. В связи с этим технологический процесс обработки объектов атомного машиностроения по системе СПИД, применяемой традиционно с решающим влиянием лица, принимающего решение (ЛПР), является весьма трудоемким и дорогостоящим.

Рассмотрим альтернативную схему технологической обработки по системе ДИПС – «деталь – инструмент – приспособление – станок», как представлено на рисунке 2.

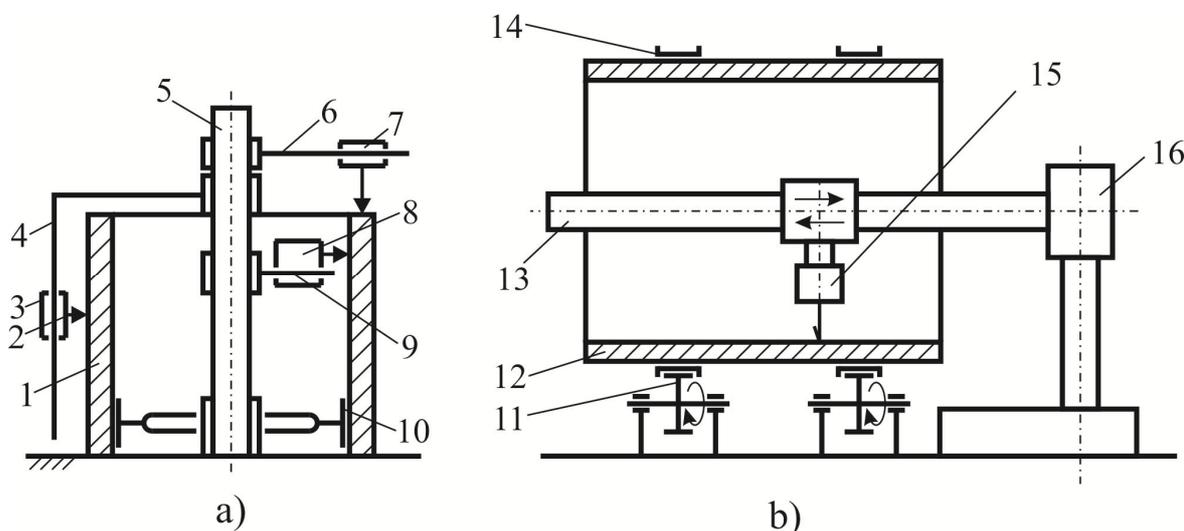


Рис. 2. – Схема вариантов применения мобильных металлообрабатывающих блоков при механической обработке обечайки и блоков сварочного оборудования:

1 – обечайка; 2 – режущий инструмент; 3 – мобильный металлообрабатывающий блок для обработки наружной поверхности обечайки; 4 – консольная поворотная колонна; 5 – опорная трубная базовая колонна; 6 – поворотная колонна для блока механической обработки торцевой поверхности обечайки; 7 – блок для обработки торца обечайки; 8 – блок для обработки внутренней поверхности обечайки; 9 – поворотная колонна для блока 8; 10 – базовый фиксирующий блок для установки опорной базовой колонны. 11 – приводные роликоопоры; 12 – обечайка; 13 – горизонтальная базовая колонна; 14 – направляющее кольцо; 15 – сварочный аппарат; 16 – мобильное базовое установочное оборудование

Здесь в качестве базовой детали – корпуса – представлена обечайка 1, поверхности которой обрабатываются режущими инструментами, установленными в мобильных металлорежущих блоках 3, 7, 8, перемещающихся по колоннам 4, 6, 9. Базовым элементом всей установки является трубная опорная колонна, зафиксированная распорным блоком 10 на внутренней поверхности обечайки 1. В качестве металлорежущего элемента, обеспечивающего минимальную энергоёмкость при резании, принят фрезерный блок, как обеспечивающий минимальную энергоёмкость процесса резания.

При обработке чернового торца перестановка всего оборудования осуществляется на месте с применением напольных грузозахватных манипулирующих устройств.

Сварка обечаек в блоки и наплавка их внутренних поверхностей может быть

произведена по схеме, представленной на рисунке 2, б. В этом варианте на наружную поверхность обечайки или блока обечаек устанавливаются направляющие кольца 14, приводные роlikоопоры 11 вращают обечайку 12 (или блок) с условием, чтобы горизонтальная базовая колонна 13 была установлена точно по оси внутренней поверхности обечайки. На колонне 13, установленной на мобильном базовом установочном оборудовании 16, перемещается сварочный аппарат 15.

Возможные варианты установки горизонтальной базовой колонны на мобильном блоке, закрепляющемся на торцах и наружной поверхности обрабатываемых обечаек или блоков; целесообразность применения указанных вариантов доказывается инженерными расчётами на прочность, устойчивость и гарантию обеспечения требуемого качества процесса сварки или наплавки.

Перемещение обечайки при отказе от применения мостовых кранов может производиться по схеме, представленной на рисунке 3.

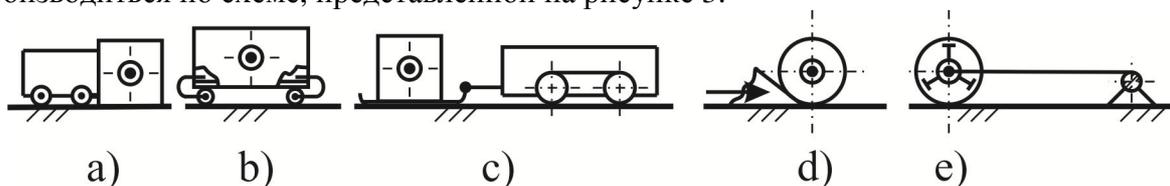


Рис. 3. – Схема возможных вариантов перемещения объектов с использованием:
 а) – самоходного автопогрузчика; б) – подводимых приводных блоков; в) – поддона и тягача; д) – клина;
 е) – распорных устройств на объекте и стационарной тяговой напольной лебёдки

Здесь возможно использование самоходных автопогрузчиков (а), подводимых приводных ходовых блоков (б), поддона с объектом и тягачом (в), подвижного клина для перекатывания объекта (д), использование распорных элементов на объекте и стационарных лебедок с закреплением тягового каната на оси распорных элементов (е), что обеспечивает перекатывание объекта.

Представленные на рисунке 2 схемы показывают возможность применения напольного оборудования [1] при очевидном упрощении процессов механической обработки объектов и их перемещения и кантования.

Представленная на рисунке 2 схема механической обработки и сварки и наплавки объектов показывают возможность отказа от тяжёлых металлообрабатывающих станков [1, 2].

Рисунок 3 объясняет возможность использования напольного транспорта с отказом от тяжёлого оборудования мостовых кранов.

Указанные схемы получены с использованием эвристических приемов нахождения лучшего технического решения [3] при создании новых объектов. Из живой природы использованы: принцип «муравья» – поднятие и перемещение массивных объектов малогабаритными модулями (схема 2б, 2д), принцип «паука» с использованием канатов (рис. 3в, 3е), принцип «бобра» – фрезерование, (рис. 2а).

Использование эвристических приёмов при проектировании технологического процесса обработки изделий атомного энергетического машиностроения [1, 3] позволяют обосновать целесообразность применения мобильных металлообрабатывающих блоков [2, 3].

Целесообразность обосновывается следующим:

1) Исходным звеном в начале процесса проектирования должен быть анализ конструктивных и массогабаритных параметров изделия и технологического оборудования в виде мобильных блоков с использованием изделия в качестве корпуса (рамы).

2) Проектирование технологического процесса должно включать анализ

нескольких перспективных вариантов, найденных коллективом конструкторов и технологов-проектировщиков с использованием эвристических приёмов.

3) Критерии оптимальности: общие: – минимальная удельная энергоёмкость процесса; минимальная стоимость процесса обработки; минимальное время процесса; обеспечение требуемого качества; обеспечение безопасности процесса.

Современная практика проектирования технологических процессов изготовления изделий атомного машиностроения не использует эвристические методы, что приводит к повышению капиталоемкости производства и стоимости изделий.

С применением указанных подходов будет минимизировано влияние ЛПП в процессе проектирования, т.к. при наличии нескольких вариантов оценка их по обоснованно принятым критериям качества уже позволит принять объективное решение, близкое к оптимальному.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование нестандартного оборудования. Тяжелое и атомное машиностроение [Текст] / Под ред. П.Д. Кравченко : монография. – Шахты: ЮРГУЭС, 2001. – 280 с.
2. *Кравченко, П.Д. и др.* Конструкторские решения при проектировании транспортно-технологического оборудования в атомном машиностроении [Текст] / П.Д. Кравченко [и др.]; Волгодонский институт сервиса (филиал) ЮРГУЭС : монография. – Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2008. – 186 с.
3. *Половинкин, А.И.* Основы инженерного творчества [Текст] / А.И. Половинкин : учеб. пособие для студентов вузов. – М: Машиностроение, 1988. – 368 с.

REFERENCES

- [1] Proektirovanie nestandartnogo oborudovaniya. Tyazheloe i atomnoe mashinostroenie [Design of the non-standard equipment. Heavy and nuclear mechanical engineering]. monografiya [monograph]. Pod red. P.D. Kravchenko [Edited by P.D. Kravchenko] Shahty. Pub. YuRGUE'S" [Shahty. Pub. SRSUES], 2001, ISBN 5-93834-023-3, 280 p. (in Russian)
- [2] Kravchenko P.D. etc. Konstruktorskie resheniya pri proektirovanii transportno-texnologicheskogo oborudovaniya v atomnom mashinostroenii [Design decisions at design of transport processing equipment in nuclear mechanical engineering] Volgodonskij institut servisa (filial) YuRGUE'S [Volgodonsk Service Institute branch SRSUES] monografiya [monograph]. Shahty. Pub. YuRGUE'S" [Shahty. Pub. SRSUES], 2008, 186 p. (in Russian)
- [3] Polovinkin A.I. Osnovy inzhenernogo tvorchestva [Bases of engineering creativity] uchebnoe posobie dlya studentov vuzov [manual for students of higher education institutions.]. M. Pub. Mashinostroenie [Mechanical engineering], 1988, ISBN 5-217-00016-3, 368 p. (in Russian)

Expediency of Mobile Technological Equipment Use During Production of Nuclear Machine Building Objects

P.D. Kravchenko

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
e-mail: krapa21@yandex.ru*

Abstract – Substantiation of expediency of mobile technological equipment use during production of nuclear machine building objects is represented.

Instead of known system “lathe – adjustment – instrument – blank” the system “blank – instrument – adjustment – lathe” is proposed, which allow to object from huge technological equipment and use small mobile equipment.

Application of heuristic methods during design process with using the wild nature principles - “ant”, “spider”, “beaver” – led to nearly optimal decisions.

Keywords: nuclear machine building, technology, mobile equipment, heuristic method.