

Куликов К.Н., Патракеев А.Н., Парфентьев И.А., Мотыженков А.А.  
АО «НИИПТБ «Онега», Северодвинск, Россия

## ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЛИНОВЫХ ПОДКЛАДОК И ВЫРАВНИВАЮЩИХ ШАЙБ ПРИ МОНТАЖЕ СУДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Работа посвящена проблеме изготовления клиновых подкладок и выравнивающих шайб, применяемых в качестве компенсирующих звеньев при монтаже судового оборудования и монтажных блоков, которая характеризуется значительной трудоемкостью и продолжительностью. Основной целью выполненной научной работы было повышение производительности труда и культуры производства при изготовлении клиновых подкладок и выравнивающих шайб посредством внедрения новой технологии их изготовления на предприятиях судостроительной и судоремонтной отрасли с применением специально разработанных устройств. Настройка устройств осуществляется для каждой клиновой подкладки и выравнивающей шайбы индивидуально по значениям, вычисленным компьютерной программой автоматизированного расчета. Исходными данными для программы являются размеры изготавливаемой подкладки или шайбы и результаты измерений зазоров между опорными поверхностями фундамента и механизма.

**Ключевые слова:** монтаж судовых механизмов, клиновая подкладка, выравнивающая шайба, программа автоматизированного расчета, устройство.

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Для цитирования: Куликов К.Н., Патракеев А.Н., Парфентьев И.А., Мотыженков А.А. Перспективная технология изготовления клиновых подкладок и выравнивающих шайб при монтаже судового оборудования. Труды Крыловского государственного научного центра. 2018; специальный выпуск 1: 47–54.

УДК 629.5.081.24

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-1-S-I-47-54

Kulikov K., Patrakeev A., Parfentev I., Motyzenkov A.  
JSC NIPTB Onega, Severodvinsk, Russia

## ADVANCED TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING OF WEDGE LINERS AND SPACERS INTENDED FOR SHIPBOARD EQUIPMENT INSTALLATION

The paper deals with a typically labor-and time-consuming process of manufacturing wedge liners and levelling spacers used for adjustment of shipboard equipment components and assemblies. The main purpose of this research was to improve the productivity and workmanship in manufacturing of wedge liners and spacers by introducing new special-purpose jigs into shipbuilding and ship-repair production. The jigs are tuned individually for each wedge and spacer based on computer program calculations. Initial inputs for computations are the size of spacers and liners and measurements of clearances between foundations and machines.

**Key words:** shipboard machinery assembly, wedge liner, spacer, computer program, jig.

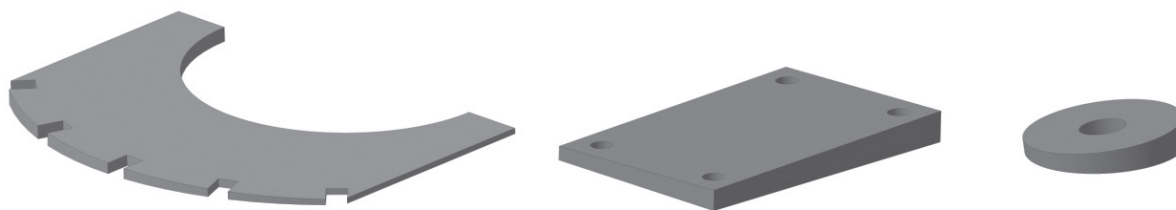
Authors declare lack of the possible conflicts of interests.

For citations: Kulikov K., Patrakeev A., Parfentev I., Motyzenkov A. Advanced technology for manufacturing of wedge liners and spacers intended for shipboard equipment installation. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2018; special issue 1: 47–54 (in Russian).

UDC 629.5.081.24

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-1-S-I-47-54





**Рис. 1.** Внешний вид клиновых подкладок и выравнивающей шайбы

**Fig. 1.** Wedge liners and spacers

Существующая технология монтажа судового механического оборудования согласно ОСТ5Р.4110 предусматривает два вида его крепления к корпусным конструкциям – жесткое и амортизируемое. Наиболее часто в качестве компенсирующих звеньев в узлах креплений применяются металлические клиновые подкладки и выравнивающие шайбы. При жестком виде крепления механизмов применяются клиновые подкладки прямоугольной или фасонной формы. При амортизируемом виде крепления применяются выравнивающие шайбы.

Крепление механизмов на металлических клиновых подкладках применяется для удобства взаимной пригонки опорных поверхностей фундамента и устанавливаемого механизма, а также из-за необходимости обеспечения соосности (сопрягаемости) взаимосвязанных механизмов. Клиновые подкладки и выравнивающие шайбы устанавливаются в пространство между фундаментом (амортизатором) и рамой (лапой) механизма, при этом каждая подкладка и шайба изготавливается по индивидуальным размерам, полученным при измерении монтажных зазоров в месте их установки.

Подкладки и шайбы в большинстве случаев изготавливаются из углеродистой стали, реже из текстолита и сплавов на основе титана. Внешний вид

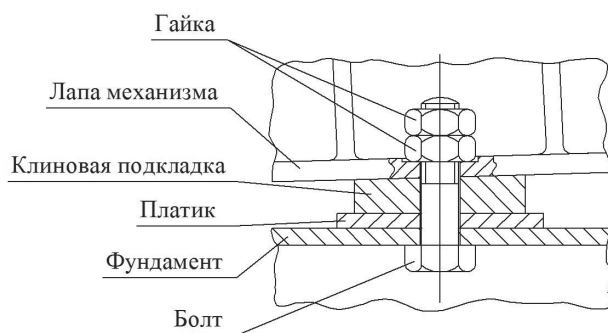
клиновых подкладок различной формы и выравнивающей шайбы приведен на рис. 1, узел крепления механизма на прямоугольной клиновой подкладке – на рис. 2, узел крепления механизма на амортизаторе с выравнивающей шайбой – на рис. 3.

Эскиз клиновой подкладки прямоугольной формы и выравнивающей шайбы, а также их геометрические параметры представлены на рис. 4.

Для изготовления подкладок и шайб необходимо выполнить базирование механизма на судне относительно корпусных конструкций или сопрягаемых механизмов (муфта, вал и т.д.) и измерить расстояние между опорными поверхностями фундамента и механизма в четырех точках.

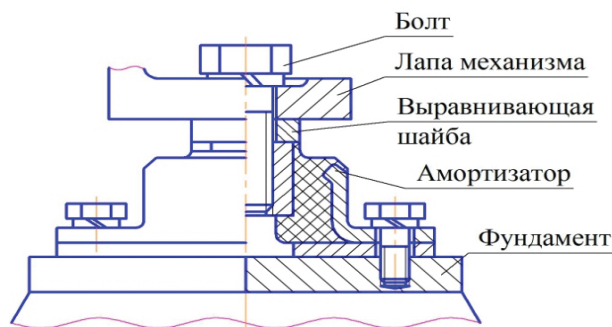
Расстояние между опорными поверхностями окончательно базированного механизма и фундамента измеряют с высокой точностью с помощью специального микроскопического глубиномера, индикаторного нутромера или набора мерных плиток с добавлением пластинок щупов. Как правило, подкладка (шайба) в каждой измеряемой точке имеет различную толщину. Полученные измерения передаются в механический цех для изготовления подкладок (шайб).

Точность изготовления клиновых подкладок и выравнивающих шайб влияет на качество монтажа



**Рис. 2.** Узел крепления механизма на прямоугольной клиновой подкладке

**Fig. 2.** Machinery mounting arrangement on a rectangular wedge liner

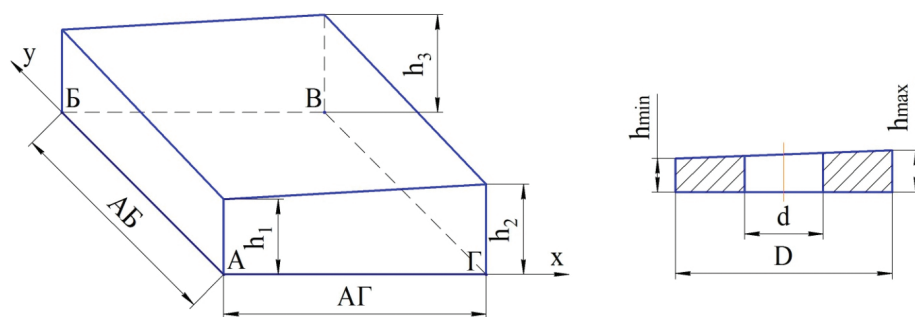


**Рис. 3.** Узел крепления механизма на амортизаторе с выравнивающей шайбой

**Fig. 3.** Machinery mounting arrangement on resilient mount with a leveling spacer

**Рис. 4.** Геометрические параметры клиновой подкладки и выравнивающей шайбы

**Fig. 4.** Geometrical parameters of wedge liner and spacer



и виброакустические характеристики монтируемого механизма, поэтому к их изготовлению предъявляют высокие требования.

### Существующая технология изготовления клиновых подкладок

Existing technology for production of wedge liners

По существующей на сегодняшний день технологии клиновые подкладки, как правило, изготавливают на токарных станках и, реже, на фрезерных станках. При этом заготовку клиновой подкладки закрепляют в четырехкулачковом патроне токарного станка либо на столе фрезерного станка с применением технологического фланца, привариваемого к тыльной стороне заготовки, а также специальных прижимов и упоров. Установка заготовки клиновой подкладки в четырехкулачковом патроне токарного станка приведена на рис. 5.

Данная технология изготовления клиновых подкладок имеет следующие недостатки:

- операции выверки положения заготовки относительно плоскости резания и ее закрепление характеризуются значительной трудоемкостью (от 2 до 6 нормо-часов);



**Рис. 5.** Установка заготовки клиновой подкладки в четырехкулачковом патроне токарного станка

**Fig. 5.** Wedge liner blank in four-jawed chuck of lathe machine

- значительная продолжительность установки заготовки подкладки в требуемое положение приводит к вынужденному простоям станочного оборудования;
- работы по выверке положения заготовки клиновой подкладки требуют высокой квалификации рабочего персонала;
- закрепление заготовки клиновой подкладки в токарном патроне вызывает необходимость выполнения сопутствующих операций (приварка и отрезка технологического фланца с тыльной стороны заготовки, зачистка мест приварки).

### Внедряемая технология изготовления клиновых подкладок и выравнивающих шайб

Proposed technology for production of wedge liners and spacers

Для достижения поставленных целей в рамках ОКР были выполнены следующие работы:

- разработаны комплекты конструкторской и эксплуатационной документации на устройства для обработки клиновых подкладок и выравнивающих шайб;
- изготовлены и испытаны опытные образцы устройств для обработки клиновых подкладок и выравнивающих шайб;
- разработана программа автоматизированного расчета параметров настройки устройств (далее – программа);
- разработана технология изготовления клиновых подкладок и выравнивающих шайб с применением разработанных устройств.

### Изготовление клиновых подкладок

Manufacturing of wedge liners

Внедряемая технология предусматривает изготовление клиновых подкладок на фрезерных станках с применением устройства, позволяющего закреп-

**Таблица 1.** Технические характеристики устройства для обработки клиновых подкладок

**Table 1.** Specifications of wedge-liner jig

Наименование характеристики	Значение
Способ крепления заготовки на устройстве	магнитный
Точность изготовления клиновой подкладки, мм	0,025
Максимальный угол уклона обрабатываемой подкладки, градус	2
Максимальные размеры обрабатываемых подкладок, L×B, мм	320×160
Масса, кг	40
Габаритные размеры, L×B×H, мм	440×335×170

пять заготовку клиновой подкладки на столе станка и ориентировать ее относительно плоскости резания. Внешний вид устройства и расположение его на столе фрезерного станка приведен на рис. 6–7, основные характеристики – в табл. 1.

Конструкция разработанного устройства позволяет устанавливать и закреплять заготовку клиновой подкладки под таким углом к плоскости резания, при котором превышение каждого из углов заготовки клиновой подкладки над ней будет равно толщине металла, подлежащего удалению при фрезеровании.

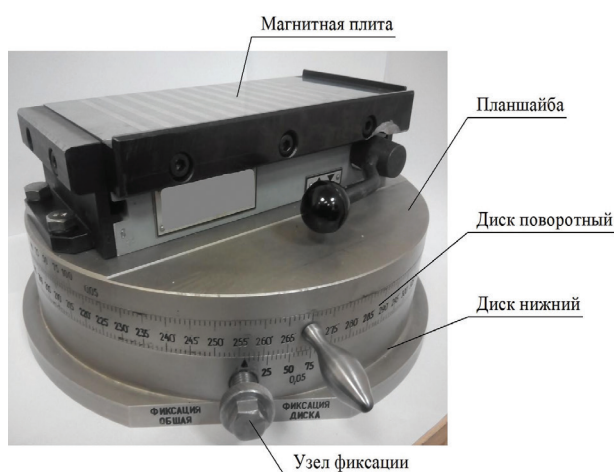
Основными преимуществами внедряемой технологии, по сравнению с существующей технологией изготовления клиновых подкладок, являются:

- простота закрепления заготовки клиновой подкладки;

- малая продолжительность процесса установки заготовки подкладки в требуемое положение;
- снижение к требованию квалификации рабочего персонала.

В состав устройства входят следующие основные части:

- магнитная плита;
- планшайба;
- диск поворотный;
- диск нижний;
- узел фиксации (тяги, клин, фиксирующий винт и др.);
- комплект монтажных частей (рукав воздушный, основание с узлом подвода сжатого воздуха, прижимы, болты с пружинами).



**Рис. 6.** Внешний вид устройства для обработки клиновых подкладок

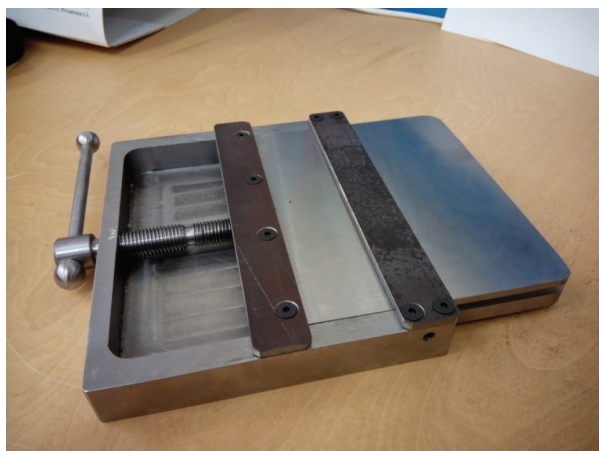
**Fig. 6.** Jig for machining wedge liners



**Рис. 7.** Размещение устройства для обработки клиновых подкладок на столе фрезерного станка

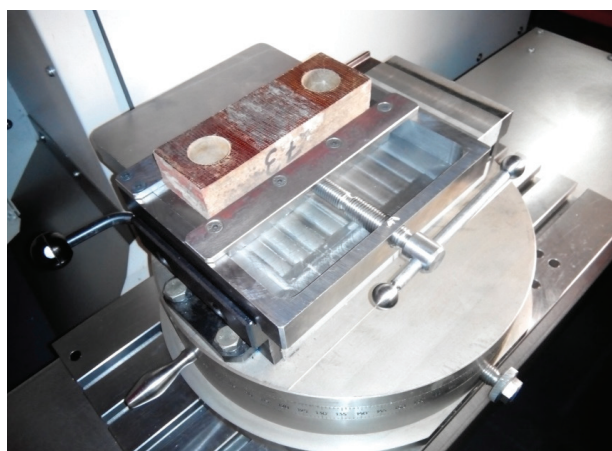
**Fig. 7.** Wedge-liner jig on milling machine





**Рис. 8.** Приспособление для обработки клиновых подкладок из немагнитных материалов

**Fig. 8.** Jig of machining non-magnetic wedge liners



**Рис. 9.** Размещение приспособления для обработки клиновых подкладок из немагнитных материалов на магнитной плите устройства

**Fig. 9.** Non-magnetic wedge-liner jig on magnetic plate

Принцип действия устройства основан на взаимной сопрягаемости скошенных поверхностей нижнего и поворотного дисков, что позволяет при вращении поворотного диска устанавливать необходимые углы наклона обрабатываемой заготовки, а при вращении планшайбы – позиционировать заготовку в заданной плоскости резания.

Конструкцией устройства предусмотрена условно герметичная внутренняя полость, проходящая через нижний и поворотный диски и ограниченная сверху планшайбой, снизу – основанием с узлом подвода сжатого воздуха к внутренней полости.

Подвод сжатого воздуха давлением от 0,1 МПа (1 кгс/см<sup>2</sup>) до 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>) к внутренней полости устройства обеспечивает возникновение скользящего контакта между поверхностями нижнего и поворотного дисков, поворотного диска и планшайбы за счет «воздушной подушки», создаваемой при этом во внутренней полости, что значительно уменьшает прилагаемое усилие для вращения поворотного диска и планшайбы. Герметичность внутренней полости обеспечивается в степени, достаточной для устойчивого поддержания скользящего контакта между поверхностями сопрягаемых деталей при подводе сжатого воздуха к внутренней полости.

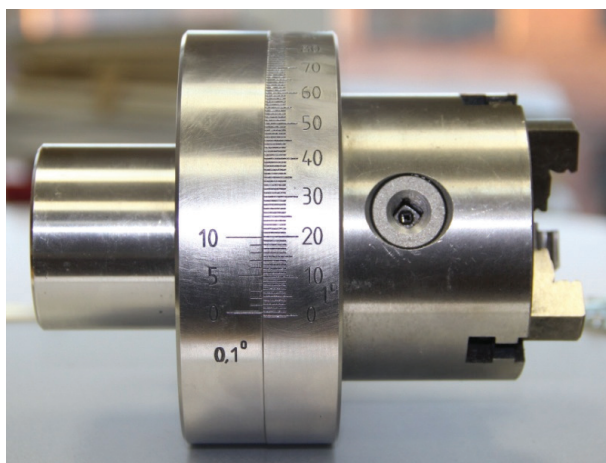
Данное конструкторское решение позволяет значительно снизить прилагаемые усилия для настройки устройства, учитывая массу магнитной плиты и заготовки клиновой подкладки, которая может достигать 20 кг. Закрепление заготовки клиновой подкладки на устройстве обеспечивается магнитным полем, создаваемым магнитной плитой, а также упорными планками, расположенными на самой

плите. Настройка устройства (поворот планшайбы и поворотного диска) осуществляется по значениям, вычисленным программой. Исходными данными для программы являются размеры изготавливаемой подкладки и результаты измерений зазоров между опорными поверхностями фундамента и механизма.

Устройство предназначено для работы только совместно с программой, установленной на ЭВМ (персональный компьютер, ноутбук, планшет). Для расширения технических возможностей устройства были разработаны чертежи и изготовлено специальное приспособление (рис. 8–9) для обработки клиновых подкладок из немагнитных материалов (текстолит, титановые сплавы), которое устанавливается на магнитную плиту устройства.

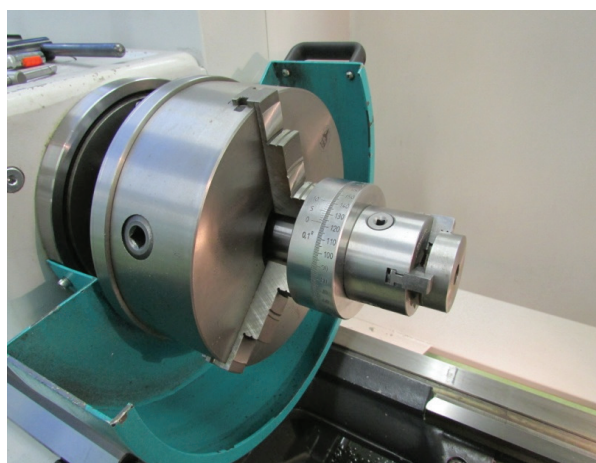
Отличительной особенностью приспособления является то, что ползун, перемещающийся во фрезерованной полости корпуса с помощью ходового винта с разнонаправленными резьбами, обеспечивает постоянную опорную поверхность для закрепляемой детали. Стержень ходового винта имеет две разнонаправленные резьбы разных диаметров, при этом резьба с меньшим диаметром при работе приспособления на зажатие выкручивается из ползуна, а резьба с большим диаметром одновременно с этим вкручивается в корпус приспособления, тем самым обеспечивается высокая скорость перемещения подвижной губки, жестко закрепленной на ползуне.

Приспособления имеют простую конструкцию, в которой отсутствуют быстроизнашивающиеся детали, обеспечивающую точное и быстрое закрепление деталей на устройстве.



**Рис. 10.** Внешний вид устройства для обработки выравнивающих шайб

**Fig. 10.** Jig for machining levelling spacers



**Рис. 11.** Размещение устройства для обработки выравнивающих шайб в патроне токарного станка

**Fig. 11.** Spacer jig in lathe chuck

## Изготовление выравнивающих шайб

### Manufacturing of spacers

Внедряемая технология предусматривает изготовление выравнивающих шайб на токарных станках с применением устройства, позволяющего закрепить и ориентировать заготовку в патроне токарного станка с минимальной трудоемкостью. Устройство также не может эксплуатироваться без программы автоматизированного расчета параметров настройки, установленной на ЭВМ (персональный компьютер, ноутбук, планшет).

Конструкция устройства обеспечивает закрепление и установку в токарном патроне заготовки выравнивающей шайбы относительно плоскости резания по параметрам, рассчитанным по программе, на основе результатов измерений монтажных зазоров.

Принцип действия устройства для обработки выравнивающих шайб (рис. 10) также основан на взаимной сопрягаемости скошенных поверхностей основания и поворотного диска, что позволяет при вращении поворотного диска вокруг своей оси устанавливать необходимый угол наклона обрабатываемой заготовки относительно вертикальной плоскости. Размещение устройства в патроне токарного станка представлено на рис. 11, его технические характеристики – в табл. 2.

## Описание программы автоматизированного расчета

### Description of computer program for calculations

Параметры подкладок (шайб), полученные при измерениях зазоров между опорными поверхностями фундамента и механизма, не могут быть использо-

**Таблица 2.** Технические характеристики устройства для обработки выравнивающих шайб

**Table 2.** Specifications of spacer jig

Наименование характеристики	Значение
Точность изготовления выравнивающей шайбы, мм	0,05
Максимальный угол уклона обрабатываемой шайбы, градус	3
Максимальные диаметры обрабатываемых шайб, мм	125
Масса устройства, кг	5,45
Габаритные размеры, Ø×L, мм	115×140

ваны для настройки устройства без пересчета. Основная задача программы состоит в том, чтобы путем математических расчетов перевести параметры, полученные при измерениях зазоров, в параметры, позволяющие установить заготовку в то положение относительно горизонтальной плоскости, при котором она совпадет с требуемой плоскостью клиновой подкладки (шайбы), получаемой после станочной обработки.

Программа выполняет следующие основные функции:

- обеспечивает ввод входной информации;
- выполняет автоматизированный расчет параметров настройки устройства для станочной обработки клиновой подкладки (шайбы);
- обеспечивает визуализацию выходной информации в табличной форме, удобной для пользователей (технолога цеха механической обработки и фрезеровщика, выполняющего работы с использованием данного устройства).

По результатам расчета программа обеспечивает пользователя следующими данными, используемыми для настройки устройства:

- угол поворота поворотного диска F1, определяющий положение нижней плоскости заготовки относительно горизонтальной плоскости, при котором она совпадет с требуемой плоскостью клиновой подкладки (или положение заготовки выравнивающей шайбы);
- угол поворота планшайбы F2, определяющий положение контрольных точек  $h_1$ ,  $h_2$ , и  $h_3$  клиновой подкладки в плоскости, полученной при установке угла F1 (применительно только к устройству для обработки клиновых подкладок).

Наименование контрольных точек  $h_1$ ,  $h_2$  и  $h_3$  соответствует обозначению толщины клиновой подкладки прямоугольной формы, представленной на рис. 4.

В обеспечение эксплуатации устройства для обработки выравнивающих шайб разработано отдельное исполнение программы.

Программа разработана на языке программирования Python© в соответствии с требованиями Единой системы программной документации и имеет свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016613470 от 28.03.2016. Программа функционирует в виде мобильного приложения для устройств с операционной системой Android.

## Технико-экономические показатели

Technical and economic indicators

Согласно информации, приведенной в маршрутно-сопроводительной карте механического цеха АО «Центр судоремонта «Звездочка», в связи с уникальностью каждой изготавливаемой клиновой подкладки, установка в требуемую плоскость, выверка и окончательное закрепление заготовки клиновой подкладки в патроне токарного станка для ее обработки занимает от 2 до 6 ч.

По результатам испытаний опытного образца устройства было определено, что установка в требуемую плоскость и закрепление заготовки клиновой подкладки занимает не более 0,25 ч.

Средний объем клиновых подкладок прямоугольной формы, необходимый для ремонта подводной лодки, составляет более 700 штук.

## Выводы

Conclusion

По результатам испытаний и на основании сравнительной экономической эффективности очевидно, что применение разработанных устройств в процессе изготовления клиновых подкладок и выравнивающих шайб приводит к значительному сокращению трудоемкости, исключению потребности в привлечении специалистов высокой квалификации и повышению культуры производства.

Актуальность использования устройств подтверждается проведенным анализом количества клиновых подкладок и выравнивающих шайб, предусмотренных конструкторской документацией, на монтаж механизмов, устройств и монтажных блоков, на примере ремонта подводной лодки на предприятии АО «ЦС «Звездочка».

## Библиографический список

References

1. ОСТ5Р.4110–2003. Механизмы и фундаменты судовые. Общие технические требования к монтажу. СПб.: АО «ЦТСС», 2003. [OST5R4110–2003. Shipboard mechanisms and foundations. General installation requirements. SPb.: JSC «Shipbuilding & Shiprepair Technology Center», 2003. (In Russian)].
2. Галашов Н.Н., Репин Ф.Ф., Леснов Ю.П. Монтаж судового оборудования: конспект лекций по дисциплине «Монтаж судового оборудования» для студентов очного и заочного обучения по специальности 180403 «Эксплуатация СЭУ». Н. Новгород: Издательство ФГОУ ВПО ВГАВТ, 2006.





[Galashov N.N., Repin F.F., Lesnov Yu.P. Assembly of shipboard equipment: compendium of lectures on Assembly of Shipboard Equipment for full-time and extramural students, specialty 180403 "Operation of ship propulsion machinery". N. Novgorod: Izd. FGOU VPO V GAVT, 2006. (In Russian)].

3. *Пантюхин А.Н., Захаров А.А., Куликов К.Н.* Устройство для установки обрабатываемой детали на металлорежущем станке. Патент на изобретение № 2607071. [Pantuyukhin A.N. Zakharov A.A., Kulikov K.N. Jig for locating workpieces on metal-cutting machines. Utility model patent No. 2607071. (In Russian)].
4. *Пантюхин А.Н., Захаров А.А., Куликов К.Н.* Устройство для установки обрабатываемой детали на металлорежущем станке. Патент на полезную модель № 172335. [Pantuyukhin A.N. Zakharov A.A., Kulikov K.N. Jig for locating workpieces on metal-cutting machines. Utility model patent No. 172335. (In Russian)].
5. *Попов С.В., Богданов Г.А., Захаров А.А., Пантюхин А.Н., Парфентьев И.А.* ЯНМИ.0535.00.060. Разработка комплекта конструкторской документации и изготовление опытного образца устройства для обработки клиновых подкладок: отчет об опытно-конструкторской работе. Шифр «Параллакс». [Popov S.V., Bagdanov G.A., Zakharov A.A., Pantuyukhin A.N., Parfentev I.A. YANMI.0535.00.060. Development of design documentation package and prototype tests of wedge-liner jig: R&D Project Report. Shifr "Parallaks". (In Russian)].
6. *Попов С.В., Богданов Г.А., Захаров А.А., Мотыженков А.А., Парфентьев И.А.* ЯНМИ.0535.00.067. Разработка конструкторской документации на опытный образец устройства для изготовления клиновых подкладок по результатам предварительных испытаний с расширением технологических возможностей использования и обеспечением удобства эксплуатации: отчет об опытно-конструкторской работе (заключительный). Шифр «Параллакс-2». [Popov S.V., Bagdanov G.A., Zakharov A.A., Motyzenkov A.A., Parfentev I.A. YANMI. 0535.00.067. Updating of design documentation on the prototype jig for

production of wedge liners based on preliminary tests for increasing the scope and convenience of application. R&D Project Report (Final) Shifr "Parallaks". (In Russian)].

### Сведения об авторах

*Куликов Константин Николаевич*, генеральный директор АО «НИПТБ «Онега». Адрес: Архангельская обл., г. Северодвинск, пр. Машиностроителей, д. 12. Тел. +7 (911) 556-84-70; E-mail: kkuikov@onegastar.ru.

*Патракеев Андрей Николаевич*, заместитель начальника отдела АО «НИПТБ «Онега» Адрес: Архангельская обл., г. Северодвинск, пр. Машиностроителей, д. 12. Тел. +7 (911) 580-43-33; E-mail: Patrakeev@onegastar.ru.

*Парфентьев Игорь Анатольевич*, инженер-технолог 2 категории АО «НИПТБ «Онега». Адрес: Архангельская обл., г. Северодвинск, пр. Машиностроителей, д. 12. Тел. +7 (906) 281-19-29; E-mail: Parfentev@onegastar.ru.

*Мотыженков Андрей Андреевич*, инженер-конструктор 1 кат. – руководитель группы АО «НИПТБ «Онега». Адрес: Архангельская обл., г. Северодвинск, пр. Машиностроителей, д. 12. Тел. +7 (909) 554-90-15; E-mail: Motyzenkov@onegastar.ru.

### About the authors

*Kulikov K.N.*, Director General, JSC NIPTB Onega. Address: Pr. Mashinostroitelei 12, 164509, Severodvinsk, Arkhangelskaya obl., Russia. Tel.: +7 (911) 556-84-70; E-mail: kkuikov@onegastar.ru.

*Patrakeev A.N.*, Deputy Head of Dept., JSC NIPTB Onega. Address: Pr. Mashinostroitelei 12, 164509, Severodvinsk, Arkhangelskaya obl., Russia. Tel.: +7 (911) 580-43-33; E-mail: Patrakeev@onegastar.ru.

*Parfentev I.A.*, Process engineer 2nd category 2, JSC NIPTB Onega. Address: Pr. Mashinostroitelei 12, 164509, Severodvinsk, Arkhangelskaya obl., Russia. Tel.: +7 (906) 281-19-29; E-mail: Parfentev@onegastar.ru.

*Motyzenkov A.A.*, Process engineer 1st category – Head of group JSC NIPTB Onega. Address: Pr. Mashinostroitelei 12, 164509, Severodvinsk, Arkhangelskaya obl., Russia. Tel.: +7 (909) 554-90-15; E-mail: Motyzenkov@onegastar.ru.

Поступила / Received: 02.03.18

Принята в печать / Accepted: 18.04.18

© Коллектив авторов, 2018