

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.21869/2223-1560-2022-26-3-35-46>

Замковый механизм для соединения элементов съёмной опалубки

А. Н. Гречухин¹ ✉, В. В. Куц¹, Д.А. Павлов¹

¹ Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября, д. 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

✉ e-mail: agrechuhin@mail.ru

Резюме

Цель исследования. Для соединения элементов вертикальных опалубочных конструкций, состоящих из металлических каркасов и закрепленных на них щитов, широкое применение получили замковые механизмы. Целью исследования является разработка конструкции замкового механизма для элементов съёмной опалубки, обладающего высокими технологическими характеристиками. Проведен патентный поиск существующих конструкторских решений для обеспечения соединения элементов съёмной опалубки. Выявлено, что наиболее распространенными конструкциями, применяемыми в замковых механизмах элементов съёмной опалубки, являются реечные конструкции. Проведен анализ существующих конструкций, выявлены недостатки существующих устройств. Установлено, что существующие конструкции замковых механизмов для соединения элементов съёмной опалубки обладают низкой технологичностью изготовления отдельных элементов. В связи с этим, для решения задачи исследования была разработана конструкция замкового механизма, обеспечивающего соединение элементов съёмной опалубки. Отличительной особенностью применения новой конструкции замкового механизма для соединения элементов съёмной опалубки является применение новой конструкции зубчатой рейки, которая является более технологичной в изготовлении, по сравнению с существующими конструкциями. Другой отличительной особенностью является применение клина с гладкими гранями, что так же повышает технологичность изготовления конструкции устройства для соединения элементов съёмной опалубки. Для достижения обозначенной цели был применен аналитический метод исследований. Применение предлагаемой конструкции позволит повысить технологичность изготовления замковых механизмов для соединения элементов съёмной опалубки. Предлагаемая конструкция замкового механизма для соединения элементов съёмной опалубки, разработанная в результате проведенного исследования, имеет конструктивные особенности, связанные с условиями эксплуатации. Данные особенности будут рассмотрены в результате проведения дальнейших исследований.

Методы. Для проведения экспериментов был применен аналитический метод исследования.

Результаты. Определен диапазон размеров основных конструктивных элементов замкового механизма для соединения элементов съёмной опалубки, обеспечивающий эксплуатацию устройства при действии проектных нагрузок.

Заключение. Результаты исследования показали, что существующие конструкции замковых механизмов для соединения элементов съёмной опалубки обладают недостатками, одним из которых является низкая технологичность изготовления устройств. Разработана конструкция замкового механизма, обеспечивающая более высокую технологичность изготовления. Предлагаемое устройство может быть применено в строительстве для соединения элементов съёмной опалубки.

Ключевые слова: замковый механизм; замок; опалубка; строительство; конструкция.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Гречухин А. Н., Куц В. В., Павлов Д.А. Замковый механизм для соединения элементов съемной опалубки // Известия Юго-Западного государственного университета. 2022; 26(3): 35-46. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2022-26-3-35-46>.

Поступила в редакцию 02.06.2022

Подписана в печать 10.08.2022

Опубликована 30.09.2022

Locking Mechanism for Connecting Elements of Non-Removable Formwork

Alexander N. Grechukhin ¹ ✉, Vadim V. Kuts ¹, Dmitry A. Pavlov ¹

¹ Southwest State University
50 Let Oktyabrya str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

✉ e-mail: agrechuhin@mail.ru

Abstract

Purpose of research. Locking mechanisms have been widely used to connect elements of vertical formwork structures consisting of metal frames and shields fixed to them. The purpose of the study is to develop the design of the locking mechanism for the elements of removable formwork, which has high technological characteristics. A patent search was conducted for existing design solutions to ensure the connection of elements of removable formwork. It has been revealed that the most common structures used in the locking mechanisms of removable formwork elements are rack-and-pinion structures. The analysis of existing structures is carried out, the shortcomings of existing devices are revealed. It is established that the existing designs of locking mechanisms for connecting elements of removable formwork have low manufacturability of individual elements. In this regard, in order to solve the research problem, the design of the locking mechanism was developed, which ensures the connection of the elements of the removable formwork. A distinctive feature of the application of the new design of the locking mechanism for connecting the elements of removable formwork is the use of a new design of the toothed rail, which is more technologically advanced in manufacturing, compared with existing designs. Another distinctive feature is the use of a wedge with smooth edges, which also increases the manufacturability of the construction of the device for connecting the elements of removable formwork. To achieve this goal, an analytical research method was applied. The use of the proposed design will increase the manufacturability of the manufacture of locking mechanisms for connecting elements of removable formwork. The proposed design of the locking mechanism for connecting the elements of removable formwork, developed as a result of the study, has design features related to operating conditions. These features will be considered as a result of further research.

Methods. Simulation modeling methods were used to conduct the experiments.

Results. The range of sizes of the main structural elements of the locking mechanism for connecting the elements of removable formwork, ensuring the operation of the device under the action of design loads, is determined.

Conclusion. The results of the study showed that the existing designs of locking mechanisms for connecting elements of removable formwork have disadvantages, one of which is the low manufacturability of the devices. The design of the locking mechanism has been developed, which provides higher manufacturability. The proposed device can be used in construction to connect elements of fixed formwork.

Keywords: locking mechanism; lock; formwork; construction; construction.

Conflict of interest: The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation. Grechukhin A. N., Kuts V. V., Pavlov D.A. | Locking mechanism for connecting elements of non-removable formwork. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2022; 26(3): 35-46 (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2022-26-3-35-46>.

Received 02.06.2022

Accepted 10.08.2022

Published 30.09.2022

Введение

В монолитно-бетонном строительстве широкое применение получила съемная сборно-щитовая опалубка. Основная задача такой опалубки заключается в придании строительной конструкции прочности и заданной проектной формы. Вне зависимости от того, из какого материала будет формироваться съемная опалубка, она должна соответствовать следующим требованиям [1-6]:

- каркас опалубочной конструкции должен обеспечивать прочность в процессе воздействия эксплуатационных нагрузок;
- форма опалубочной конструкции должна быть зафиксированной;
- детали опалубочной конструкции должны быть соединены друг с другом с минимальными зазорами;
- опалубочная конструкция должна легко монтироваться;
- опалубочная конструкция должна быть герметичной.

Для соединения элементов вертикальных опалубочных конструкций, состоящих из металлических каркасов и закрепленных на них щитов, широкое применение получили замковые механизмы, благодаря которым стало воз-

можно осуществить сборку форм с точно заданными параметрами (рис. 1,2).

Существует достаточно широкий ряд устройств – замковых механизмов для соединения элементов съемной опалубки [1-10].

Широкое применение получили клиновые замковые механизмы [1,2,4] сочетающие в себе простоту конструкции, простоту монтажа, высокие эксплуатационные свойства.

Известно устройство, включающее рейку, неподвижные прижимные губки, подвижные прижимные губки и прижимной клин, рейку, состоящую из основной и зубчатой частей, неподвижные прижимные губки, подвижные прижимные губки с хвостовой частью, снабженной выступами, выполненными с обеспечением их упирания в ограничители при достижении крайних её положений, в хвостовой части выполнено отверстие, в котором расположен прижимной клин, снабжённый ответными зубьями, и выполнен с обеспечением возможности перемещения поперёк рейки и вдоль отверстия до упирания первого упора или второго упора в хвостовую часть при достижении крайних его положений [4].



Рис. 1. Пример применения съемной опалубки при возведении монолитно-бетонной вертикальной стены

Fig. 1. An example of the use of removable formwork in the construction of a monolithic-concrete vertical wall

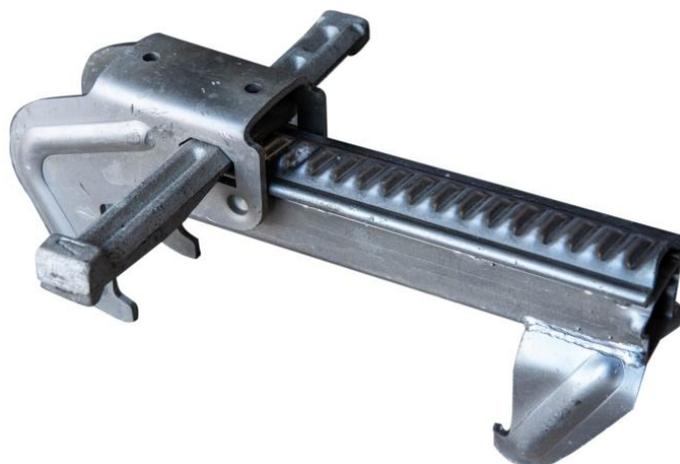


Рис. 2. Реечный замок для съемной опалубки

Fig. 2. Rack and pinion lock for removable formwork

Замки такой конструкции обладают высокими эксплуатационными характеристиками, позволяют выполнить монтаж опалубочных систем широкого ряда производителей [10-14].

Одним из недостатков существующей конструкции является низкая технологичность изготовления зубчатой рейки, технологический процесс изготовления которой включает отрезную, а

так же нескольких операций по высадке и гибке профиля, что усложняет технологию изготовления предлагаемого устройства в целом [13-18].

Материалы и методы

Целью данного исследования является разработка конструкции замкового механизма реечного типа для соединения элементов съемной опалубки, обладающего помимо высоких эксплуатационных характеристик более высокой технологичностью, за счет применения другой конструкции зубчатой рейки.

Существует устройство для соединения элементов съемной опалубки, содержащее – неподвижный держатель, размещенный на верхней поверхности и на конце замкового профиля, зубчатый элемент, размещенный на нижней поверхности замкового профиля так, что зубчатые края совпадают с боковыми поверхностями замкового профиля, подвижный держатель, соединенный с боковыми поверхностями зубчатого элемента так, чтобы находиться между зубчатым элементом и замковым профилем, фиксатор, который присоединен к подвижному держателю на нижней поверхности зубчатого элемента, фиксирует подвижный держатель на зубчатом элементе путем закрытия фиксатора в направлении нижней поверхности зубчатого элемента так, что выступ на подвижном держателе совпадает с пазами на боковых поверхностях зубчатого элемента и обеспечивает фиксацию/зацепление профилей так, что вы-

ступающие части на концах подвижного держателя и неподвижного держателя совпадают с углублениями в профилях [4].

Недостатком известного технического решения является низкая технологичность изготовления устройства в целом, которая обуславливается необходимостью встраивания в общую конструкцию технического решения механизма фиксации, включающего в себя дополнительные элементы, необходимые для размещения, крепления и перемещения данного механизма в составе известного технического решения, что в определенной степени так же повышает сложность изготовления устройства.

Цель исследования достигается за счет того, что в замке для щитов опалубки, содержащем рейку, неподвижные прижимные губки, подвижные прижимные губки и прижимной клин, причём рейка состоит из основной части, которая на своих концах снабжена ограничителями, и зубчатой части, которая снабжена вдоль длины рейки зубьями, причём зубчатая часть расположена на основной части таким образом, что зубья совмещаются с боковыми поверхностями основной части рейки, неподвижные прижимные губки закреплены на рейке неподвижно, а подвижные прижимные губки снабжены хвостовой частью, которая охватывает рейку с обеспечением возможности перемещения подвижных прижимных губок вдоль рейки, при этом хвостовая часть снабжена выступами, которые входят в зацепление с

зубьями, совмещенными с боковыми поверхностями основной части рейки, и выполнены с обеспечением их упирания в ограничители при достижении крайних её положений при движении хвостовой части по рейке, в хвостовой части выполнено отверстие, в котором расположен прижимной клин, выполненный с обеспечением возможности перемещения поперёк рейки и вдоль отверстия до упирания первого упора или второго упора в хвостовую часть при достижении крайних его положений, прижимной клин взаимодействует с хвостовой частью через отверстие, а так же с зубчатой рейкой.

Техническая сущность и принцип действия устройства поясняются рис. 3.

Замок для щитов опалубки содержит рейку 1, неподвижные прижимные губки 12, подвижные прижимные губки 7 и прижимной клин 10, рейка состоит из основной части 2, которая на своих концах снабжена ограничителями 6, и зубчатой части 3, которая снабжена вдоль длины рейки зубьями 4, зубчатая часть 4 расположена на основной части 2 таким образом, что зубья 4 совмещаются с боковыми поверхностями основной части рейки 2, неподвижные прижимные губки 12 закреплены на рейке неподвижно, подвижные прижимные губки 7 снабжены хвостовой частью 8, которая охватывает рейку 1, обеспечивая таким образом возможность перемещения подвижных прижимных губок 7 вдоль рейки 1, при этом хвостовая

часть 8 снабжена выступами 15, которые входят в зацепление с зубчатой частью 3, зубья 4 которой совмещены с боковыми поверхностями основной части 2 рейки 1, и выполнены с обеспечением их упирания в ограничители 6 при достижении крайних её положений при движении хвостовой части 8 по рейке 1, в хвостовой части 8 выполнено отверстие 9, в котором расположен прижимной клин 10, выполненный с обеспечением возможности перемещения поперёк рейки 1 и вдоль отверстия 9 до упирания упора 14 или упора 20 в хвостовую часть 8 при достижении крайних его положений, прижимной клин 10 взаимодействует с хвостовой частью 8 через отверстие, а так же зубчатой рейкой 3 и ее зубьями 4.

Прижимной клин 10 в сечении представляет собой элемент многоугольного либо окружного профиля.

Зубчатая часть рейки 3 представляет собой часть металлического листа с отогнутыми на угол 90 градусов краями, на которых выполнены зубья 4. Геометрические размеры зубчатой части рейки 3 определяются размерами основной части рейки 2, таким образом, обеспечивается базирование зубчатой части рейки 3 на основной части рейки 2. Предлагаемая конструкция зубчатой части рейки, по сравнению с аналогом, является более технологичной в изготовлении, поскольку изготовить такую конструкцию возможно более экономичными технологиями [18-20].

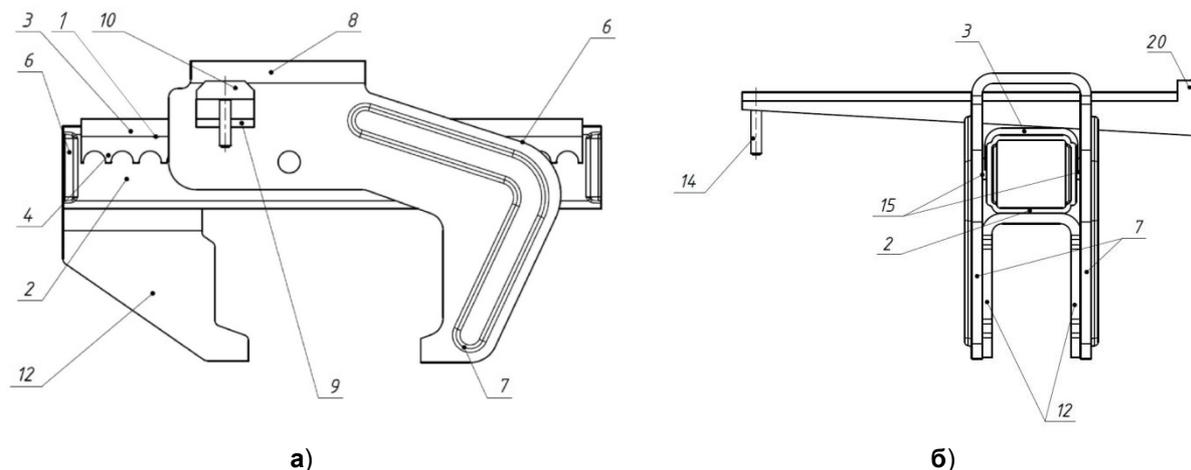


Рис. 3. Замковый механизм для соединения элементов съемной опалубки: **а** – Вид спереди устройства: **1** – рейка, **2** – основная часть рейки, **3** – зубчатая часть рейки, **4** – зубья, **6** – ограничитель, **7** – подвижные прижимные губки, **8** – хвостовая часть, **9** – отверстие, **10** – клин, **12** – неподвижные прижимные губки; **б** – Вид сбоку устройства: **2** – основная часть рейки, **3** – зубчатая часть рейки, **7** – подвижные прижимные губки, **12** – неподвижные прижимные губки, **14** – штифт, **15** – выступы, **20** – клин

Fig. 3. Locking mechanism for connecting elements of non-removable formwork: **a** – Front view of the device: **1** – rail, **2** – main part of the rail, **3** – toothed part of the rail, **4** – teeth, **6** – limiter, **7** – movable clamping jaws, **8** – tail part, **9** – hole, **10** – wedge, **12** – fixed clamping jaws; **б** – Side view of the device: **2** – the main part of the rail, **3** – the toothed part of the rail, **7** – movable clamping jaws, **12** – fixed clamping jaws, **14** – pin, **15** – projections, **20** – wedge

Устройство работает следующим образом: устройство устанавливают на соединяемых щитах опалубки, при этом прижимной клин **9** выводят из контакта с рейкой **1** путем его перемещения в направлении, совпадающем с направлением оси отверстия **9** до контакта ограничителя **14** с хвостовой частью **8**. Неподвижные прижимные губки **12** устанавливают в пазы одного из соединяемых щитов, устройство смыкают, перемещая подвижные прижимные губки **7** вдоль зубчатой части рейки **3** таким образом, чтобы подвижные прижимные губки **7** и неподвижные прижимные губки **12** попали в пазы соединяемых щитов опалубки. Затем, путем перемещения подвижных прижимных губок **7**

в направлении, перпендикулярном нижней части рейки **1**, в сторону зубчатой части рейки **3**, вводят в зацепление речные зубья **4** и выступы **15** хвостовой части **8**, прижимной клин **10** вводят в контакт с отверстием **9** хвостовой части **8** и обратной частью зубчатой части рейки **3** путем перемещения клина **10** в направлении, совпадающем с осью отверстия **9**, в сторону сближения упора **20** с хвостовой частью **8**. Запирание устройства производится ударами молотка по прижимному клину **10** со стороны упора **20**. Размыкание устройства происходит в обратной последовательности путем приложения силы удара молотка по клину **10** со стороны упора **14**.

Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований выявлены конструкции замковых механизмов, предназначенных для соединения элементов съемной опалубки. Выявлено, что существующие конструкции замковых механизмов обладают недостатками, одним из которых является низкая технологичность изготовления некоторых составляющих элементов. Для решения задачи повышения технологичности изготовления замковых механизмов съемной опалубки разработано устройство, отличающееся от существующих механизмов конструкцией зубчатой рейки, представляющей металлический лист с отогнутыми на угол 90 градусов краями, на которых выполнены зубья, за счет чего, заявленное устройство для соединения щитов

опалубки является более технологичным в изготовлении.

Выводы

Конструкция замкового механизма для соединения элементов съемной опалубки, разработанная в результате проведенного исследования, имеет некоторые конструктивные особенности. В частности, применение пары выступ рейка, обеспечивающей фиксацию хвостовой части устройства относительно неподвижных прижимных губок, требует проведения проверочного расчета на прочность выступов хвостовой части, в результате которого должны быть установлены предельные значения геометрических параметров пары, обеспечивающих безотказную эксплуатацию устройства под действием эксплуатационных нагрузок.

Список литературы

1. Патент 2769026 Рос. Федерация: МПК5 F16B 2/12. Замковый механизм для систем щитовой опалубки: заявл. 30.01.2019; опубл. 28.03.2022 Бюл. № 10 / Дал, Джевдет; заявитель, патентообладатель УРТИМ КАЛИП ВЕ ИСКЕЛЕ, СИСТЕМЛЕРИ САНАИ ВЕ ТИЧАРЕТАНОНИМ СИРКЕТИ.

2. Патент 184025 Рос. Федерация: МПК5 E04G 17/00. Замок для соединения щитов опалубки: заявл. 10.04.2018; опубл. 12.10.2018 Бюл. № 29 / Бунт М.Я., Леонова М.Я., Гурин Е.Г. [и др.]; заявитель патентообладатель Бунт М.Я., Леонова М.Я., Гурин Е.Г. [и др.].

3. Патент 95009 Рос. Федерация: МПК5 E04G 17/07. Замок для соединения элементов опалубки: заявл. 05.02.2010; опубл. 10.06.2010 Бюл. № 16 / Луценко С.Ф.; заявитель, патентообладатель Луценко С.Ф.

4. Патент 52897 Рос. Федерация: МПК5 E04G 17/00. Замок для соединения щитов опалубки: заявл. 28.07.2005; опубл. 27.04.2006 Бюл. № 12 / Бунт М.Я., Леонова М.Я., Гурин Е.Г. [и др.]; заявитель патентообладатель Бунт М.Я., Леонова М.Я., Гурин Е.Г. [и др.].

5. Патент 52424 Рос. Федерация: МПК5 E04G 17/04. Замок опалубки: заявл. 10.10.2005; опубл. 27.03.2006 Бюл. № 9 / Большаков Ю.А., Кабаков А.П., Котов А.В. [и др.]; заявитель, патентообладатель Котов А.В.

6. Патент 2737744 Рос. Федерация : МПК5 E04G 17/04. Опалубка для железобетонных конструкций и сооружений: заявл. 15.06.2020; опубл. 02.12.2020, Бюл. №34 / Хегай О.Н., Хегай М.О., Хегай А.О. [и др.]; заявитель, патентообладатель ФГБОУ ВО ХГУ им. Н.Ф. Катанова.

7. Патент 71682 Рос. Федерация: МПК5 E04G 17/04. Несъемная опалубка для возведения монолитных стен с одновременной облицовкой фасада: заявл. 01.11.2007; опубл. 20.03.2008, Бюл. №8 / Антропов О.В; заявитель, патентообладатель Антропов О.В.

8. Патент 109433 Рос. Федерация: МПК5 E04G 17/04. Съемная опалубка для изготовления стеновых панелей из ячеистого бетона: заявл. 08.04.2021; опубл. 08.04.2011, Бюл. №29 / Шарифулин Р.И., Нещаденко Н.И., Красий Р.А.; заявитель, патентообладатель Шарифулин Р.И.

9. Патент 2415238 Рос. Федерация: МПК5 E04G 17/04. Комплект съемной опалубки с многослойной стеновой заготовкой; заявл. 21.12.2009; опубл. 27.03.2011, Бюл. №9 / Семенов Д.К.; заявитель, патентообладатель Семенов Д.К.

10. Патент 2248433 Рос. Федерация: МПК5 E04G 17/04. Несъемная опалубка, способ ее сборки и способ возведения монолитных стен и сооружений в несъемной опалубке; заявл. 19.12.2003; опубл. 20.03.2005, Бюл. №8 / Исламов А.Г., Иванов С.И., Семенча А.И., [и др.]; заявитель, патентообладатель ЗАО «Аркада».

11. Глаголев Е.С. 3d-аддитивные строительные технологии. Теория и практика // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. № 2. С. 8-14.

12. Туснин А.Р., Ахрамочкина Т.И. Сталежелезобетонные перекрытия с использованием гнутых стальных профилей // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 5. С. 10-14.

13. Севрюкова О.В. Современные разновидности съемной опалубки // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2017. С. 1225-1229.

14. Рябов М.А., Биленко В.А. Возведение домов с использованием несъемной опалубки из стекломгнезитовых листов // Новые технологии в учебном процессе и производстве: материалы XIX Международной научно-технической конференции. Рязань, 2021. С. 113-114.

15. Экономические преимущества при использовании несъемной опалубки в монолитном строительстве / Ю.Н. Москвина, А.В. Бровкин, К.В. Дворянкова, А.А. Чубарова // Теоретические исследования и экспериментальные разработки студентов и аспирантов: сборник научных трудов: в 2 ч. / под ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь, 2020. С. 127-132.

16. Гайдуков П.В., Пугач Е.М. Перспективы применения несъемной опалубки для устройства перекрытий малоэтажных зданий в стесненных условиях // Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12. № 1. С. 5.

17. Investigation of the process of additive formation of fusible materials using a low-power solid-state laser / V.V. Kuts, V.S. Merkulov, A.N. Grechukhin, A.S. Privalov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 16. Ser. "Dynamics of Technical Systems, DTS 2020" 2021. С. 012010.

18. Гречухин А.Н., Куц В.В., Щербаков П.С. Выявление влияния пространственной ориентации наплавливаемых слоев, а также коэффициента их перекрытия на погрешность формы поверхности при аддитивном формообразовании электрической дугой // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2021. Т. 17. № 6. С. 118-124.

19. Grechukhin A.N., Kuts V.V., Razumov M.S. Solving problem of curved surface approximation by layers with constant and variable sections during forming by additive methods // Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). Conference proceedings. Series: Lecture Notes in Mechanical Engineering (LNME). Cham, 2020. С. 239-248.

20. Grechukhin A.N., Kuts V.V., Oleshitsky A.V. Control additive error of morphogenesis with the use of hybrid layout // AIP Conference Proceedings. XV International Scientific-Technical Conference "Dynamics of Technical Systems", DTS 2019. 2019. С. 020003.

References

1. Dal Djevdet. *Zamkovyi mekhanizm dlya si-stem shchitovoi opalubki* [Locking mechanism for panel formwork systems]. Patent RF, no. 2769026 Grew, 2022.

2. Bunt M.Ya., Leonova M.Ya., Gurin E.G. e. a. *Zamok dlya soedineniya shchitov opalubki* [Lock for connecting the formwork panels]. Patent RF, no. 184025 Grew, 2018.

3. Lutsenko S.F. *Zamok dlya soedineniya elementov opalubki* [Lock for connecting the formwork elements]. Patent RF, no. 95009 Grew, 2010.

4. Bunt M.Ya., Leonova M.Ya., Gurin E.G. e. a. *Zamok dlya soedineniya shchitov opalubki* [Lock for connecting the formwork panels]. Patent RF, no. 52897 Grew, 2005.

5. Bolshakov Yu.A., Kabakov A.P., Kotov A.V. *Zamok opalubki* [Shuttering lock]. Patent RF, no. 52424 Grew, 2006.

6. Hegai O.N., Hegai M.O., Hegai A.O. e. a. *Opalubka dlya zhelezobetonnykh konstruksii i sooruzhenii* [Formwork for reinforced concrete structures and structures]. Patent RF, no. 2737744 Grew, 2020.

7. Antropov O.I. *Nes"emnaya opalubka dlya vozvedeniya monolitnykh sten s odnoremennoi oblitsovkoj fasada* [Fixed formwork for the construction of monolithic walls with simultaneous facade cladding]. Patent RF, no. 71682 Grew, 2007.

8. Sharifulin R.I., Neschadenko N.I., Krasiy R.A. *S"emnaya opalubka dlya izgotovleniya stenovykh panelei iz yacheistogo betona* [Removable formwork for the manufacture of cellular concrete wall panels]. Patent RF, no. 109433 Grew, 2021.

9. Semenov D.K. *Komplekt s"emnoi opalubki s mnogoslainoi stenovoi zagotovkoi* [A set of removable formwork with a multilayer wall blank]. Patent RF, no. 2415238 Grew, 2011.

10. Islamov A.G., Ivanov S.I., Semencha A.I. e. a. *Nes"emnaya opalubka, sposob ee sborki i sposob vozvedeniya monolitnykh sten i sooruzhenii v nes"emnoi opalubke* [Fixed formwork, the method of its assembly and the method of erecting monolithic walls and structures in fixed formwork]. Patent RF, no. 2248433, 2003.

11. Glagolev E.S. 3d-additivnye stroitel'nye tekhnologii. Teoriya i praktika [3d additive construction technologies. Theory and practice]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova = Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*, 2021, no. 2, pp. 8-14.

12. Tusnin A.R., Akhramochkina T.I. Stalezhelezobetonnye perekrytiya s ispol'zovaniem gnutykh stal'nykh profilei [Steel-reinforced concrete floors using bent steel profiles]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo = Industrial and Civil Construction*, 2020, no. 5, pp. 10-14.

13. Sevryukova O.V. Sovremennye raznovidnosti s"emnoi opalubki [Modern varieties of removable formwork]. *Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh BGTU im. V.G. Shukhova* [International Scientific and Technical Conference of young scientists of V.G. Shukhov BSTU]. Belgorod, 2017, pp. 1225-1229.

14. Ryabov M.A., Bilenko V.A. Vozvedenie domov s ispol'zovaniem nes"emnoi opalubki iz steklomagnezitovykh listov [Construction of houses using fixed formwork made of glass-magnesian sheets]. *Novye tekhnologii v uchebnoy protsesse i proizvodstve. Materialy XIX Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [New Technologies in The Educational Process and Production. Materials of the scientific and technical XIX International Conference]. Ryazan, 2021, pp. 113-114.

15. Moskvina Yu.N., Brovkin A.V., Dvoryankova K.V., Chubarova A.A. Ekonomicheskie preimushchestva pri ispol'zovanii nes"emnoi opalubki v monolitnom stroitel'stve [Economic advantages when using fixed formwork in monolithic construction]. *Teoreticheskie issledovaniya i eksperimental'nye razrabotki studentov i aspirantov. Sbornik nauchnykh trudov* [Theoretical research and experimental developments of students and postgraduates. Collection of scientific papers]. ed. by T.B. Novichenkova. Tver, 2020, pp. 127-132.

16. Gaidukov P.V., Pugach E.M. Perspektivy primeneniya nes"emnoi opalubki dlya ustroystva perekrytii maloetazhnykh zdaniy v stesnennykh usloviyakh [Prospects for the use of fixed formwork for the construction of floors of low-rise buildings in cramped conditions]. *Vestnik evraziiskoi nauki = Bulletin of Eurasian Science*, 2020, vol. 12, no. 1, p.5.

17. Kutz V.V., Merkulov V.S., Grechukhin A.N., Privalov A.S. Investigation of the process of additive formation of low-melting materials using a low-power solid-state laser. *IOP Conference series: Materials Science and Engineering*. 16. Ser. "Dynamics of technical systems, DTS 2020" 2021, 012010 p.

18. Grechukhin A.N., Kutz V.V., Shcherbakov P.S. Vyyavlenie vliyaniya prostranstvennoi orientatsii naplavlyaemykh sloev, a takzhe koeffitsienta ikh perekrytiya na pogreshnost' formy poverkhnosti pri additivnom formoobrazovanii elektricheskoi dugoi [Identification of the influence of the spatial orientation of the deposited layers, as well as their overlap coefficient on the error of the surface shape during additive shaping by an electric arc]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of the Voronezh State Technical University*, 2021, vol. 17, no. 6, pp. 118-124.

19. Grechukhin A.N., Kutz V.V., Razumov M.S. Solving the problem of approximation of a curved surface by layers with constant and variable cross-sections during molding by additive methods. *Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). Conference materials. Series: Lecture Notes on Mechanical Engineering (LNME)*. Cham, 2020, pp. 239-248.

20. Grechukhin A.N., Kutz V.V., Oleshitsky A.V. Control of additive error of morphogenesis using hybrid layout. *Proceedings of the AIP conference. XV International Scientific and Technical Conference "Dynamics of Technical Systems"*, DTS 2019. 2019. p. 020003.

Информация об авторах / Information about the Authors

Гречухин Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра машиностроительных технологий и оборудования, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: agrechuhin@mail.ru

Alexander N. Grechukhin, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Machine-Building Technologies and Equipment Department, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: agrechuhin@mail.ru

Куц Вадим Васильевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры машиностроительных технологий и оборудования, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: kuc-vadim@yandex.ru

Vadim V. Kuts, Dr. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Professor Machine-Building Technologies and Equipment Department, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: kuc-vadim@yandex.ru

Павлов Дмитрий Анатольевич, студент, кафедра машиностроительных технологий и оборудования, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: dpavlov2021@mail.ru

Dmitry A. Pavlov, Student of Machine-Building Technologies and Equipment Department, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: dpavlov2021@mail.ru