

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГРУЗОЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А. Н. Королевских, О. А. Двинская, Е. А. Богданова

Тюменский индустриальный университет,
Россия, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38

В статье предложено установить на контактирующие поверхности фрикционно-зажимного грузозахватного устройства зарубежного производства зубчатые пластины. Модернизация грузозахватного устройства предназначена для использования устройства при перемещении грузов из древесины. Обоснована необходимость модернизации. Определены параметры зубчатой пластины. Оценена надежность несущей конструкции модернизированного грузозахватного устройства. Статья будет полезна инженерам и исследователям, работающим над обратным инжинирингом промышленного оборудования зарубежного производства.

Ключевые слова: грузозахватное оборудование, фрикционно-зажимное грузозахватное устройство, обратный инжиниринг.

Введение

Развитие лесной промышленности играет важную роль для экономики Российской Федерации. При этом рост показателей эффективности предприятий лесной промышленности во многом зависит от качества и количества используемого промышленного оборудования, применяемого на различных этапах переработки древесины. Погрузочно-разгрузочные работы (ПРР) и транспортировка занимают значительный объем труда и энергоемкости в технологическом процессе переработки древесины. Для выполнения ПРР существует множество разновидностей транспортных машин, технико-экономические показатели которых влияют на основную долю затрат на ПРР. Улучшение технико-экономических показателей транспортных машин возможно с увеличением их производительности, повышением надежности, снижением себестоимости и затрат на обслуживание и транспортировку машин.

Грузозахватное устройство (ГЗУ) является соединяющим звеном между рабочим органом транспортной (грузоподъемной) машины и грузом. Развитие ГЗУ также влияет на технико-экономические показатели транспортных машин, т.к. напрямую влияет на производительность машины. Основными направлениями развития ГЗУ является повышение максимальной грузоподъемности, надежности, механизации и безопасности ПРР.

Различают универсальные (стропы, траверсы, клещевые захваты и т.д.) и специальные (троллейные подвески, вакуумные, магнитные захваты и т.д.) ГЗУ. Фрикционно-зажимные грузозахватные устройства (ФЗГУ) в зависимости от конструкции можно отнести как к универсальным, так и к специальным ГЗУ. ФЗГУ фиксирует груз при помощи сил трения, возникающих между грузом и контактирующей поверхностью ФЗГУ в результате сжатия груза (струбцина, клещевой захват). Совершенствование ФЗГУ является важным для машиностроения, т.к. большинство конструкций ФЗГУ не требуют при выполнении ПРР участия стропальщиков, что

подразумевает использование ФЗГУ при создании автоматизированных производственных линий.

Анализ конструкций ФЗГУ

Патентный анализ конструкций ФЗГУ показал, что развитие ФЗГУ направлено на повышение надежности конструкции [1–3], снижение требуемого сжимающего усилия [1–3] и расширение функциональных возможностей [4–8]. Наибольший интерес вызвала конструкция [3] струбцины, на губках которой установлены зубчатые пластины (рис. 1). Конструкция позволяет перемещать только древесину, но при этом за счет появления сил зацепления значительно увеличивается максимальная грузоподъемность ФЗГУ [9]. Повреждения поверхности груза от зубьев незначительны и не снижают характеристик древесины.

Однако конструкция [3] не лишена недостатков: невозможность применения для древесины, подвергнутой чистовой отделке (лакокрасочное покрытие, полирование); необходимость вручную фиксировать груз.

Кроме анализа научно-технической литературы также был изучен современный рынок ФЗГУ. Анализ конструкций ФЗГУ таких предприятий, как «Probst GmbH» (Германия), «BOLZONI-AURAMO» (Россия), «TGS» (Нидерланды), «Achilli» (Италия) и др., показал, что современные ФЗГУ оснащают гидравлическим приводом. Гидравлический привод увеличивает силу сжатия, что повышает грузоподъемность устройств. ФЗГУ устанавливаются на фронтальные погрузчики (транспортировка шин), экскаваторы (добыча нерудного индустриального сырья), автомобильные краны (ПРР кирпича) и транспортные машины, оснащенные грузоподъемным оборудованием (манипуляторы).

Наибольший интерес представляет конструкция ФЗГУ серии AKZ-H-UNIGRIP (рис. 2) предприятия «Probst GmbH» [10], предназначенная для выполнения ПРР паллетов с кирпичом, а также других строительных материалов из керамического камня.

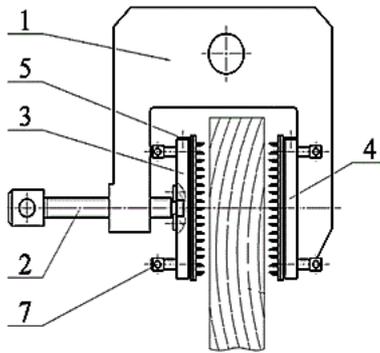


Рис. 1. Струбцина (главный вид) [3]:

- 1 — корпус; 2 — прижимной винт;
3, 4 — контактные элементы;
5 — зубчатые пластины;
7 — отжимные винты

Fig. 1. Clamp (main view) [3]:

- 1 — body; 2 — clamping screw;
3, 4 — contact elements; 5 — toothed plates; 7 — release screws

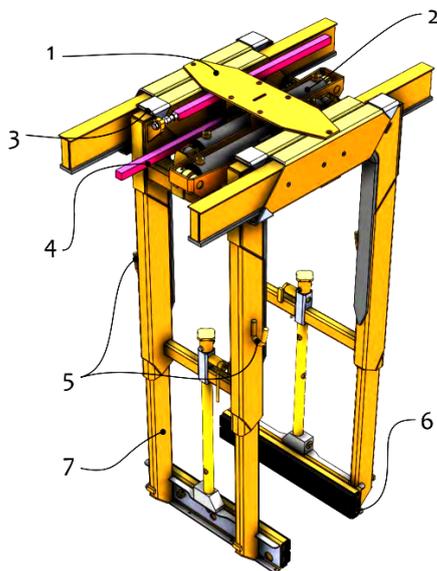


Рис. 2. ФЗГУ серии АКЗ-Н-UNIGRIP [10]:

- 1 — пластина крепления;
2 — гидроцилиндр; 3 — выдвижная Г-образная секция; 4 — ограничитель;
5 — дополнительные крюки;
6 — губки захвата; 7 — выдвижные П-образные секции

Fig. 2. Block loading grab AKZ-N-UNIGRIP [10]:

- 1 — fastening plate; 2 — hydraulic cylinder;
3 — retractable L-shaped section;
4 — limiter; 5 — additional hooks;
6 — gripping jaws;
7 — retractable U-shaped sections

Для крепления ФЗГУ к грузоподъемному оборудованию на пластине крепления ФЗГУ 1 (рис. 2) монтируется кольцо либо устанавливается гидравлический ротор с кольцом, позволяющий выполнять вращение ФЗГУ вдоль вертикальной оси. Усилие сжатия, действующее на груз, создается гидравлическими цилиндрами 2. Выдвижная Г-образная секция 3 позволяет работать с грузами шириной от 370 мм до 1370 мм. Выдвижные П-образные секции 7 дают возможность перемещать грузы высотой до 1650 мм. Грузоподъемность ФЗГУ составляет 1350 кг.

Информация, представленная в [10], позволяет восстановить геометрию конструкции, при этом отсутствуют данные по материалам конструкции, параметрам гидропривода. Однако по изображению (рис. 2) можно заключить, что губки захвата 6 изготовлены из эластомера (каучук, резина). Такие материалы обеспечивают коэффициент трения с камнем не менее 0,6 [11] в отличие от применения стальных поверхностей с коэффициентом трения 0,35–0,45 [11].

Текущая конструкция ФЗГУ допустима для работы с древесиной, т.к. коэффициент трения резины с древесиной изменяется в диапазоне от 0,4 до 0,75 в зависимости от породы древесины и направления волокон [9]. Однако у существующей конструкции есть и недостатки:

1. Чувствительность к низким температурам окружающей среды. При отрицательных температурах ухудшаются упругопластические свойства резиновых губок захвата, что снижает сопротивляемость механическому разрушению губок. Также снижается и коэффициент трения, т.к. на мерзлой древесине могут появиться места незначительного обледенения.

2. Надежность крепления резиновых губок к ФЗГУ. Ограничивает увеличение грузоподъемности ФЗГУ с резиновыми губками захвата их низкая несущая способность (прочность резины на срез в среднем 0,1 МПа [12]) в местах крепления с опорными металлическими деталями ФЗГУ.

С целью исправить недостатки, представленные выше, решено заменить резиновые губки металлическими пластинами с зубьями по аналогии с [3]. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- подобрать параметры зубчатых пластин;
- оценить грузоподъемность модернизированного ФЗГУ;
- проверить надежность несущей конструкции модернизированного ФЗГУ.

Модернизация ФЗГУ

При расчете параметров зубчатой пластины необходимо учесть следующие факторы: максимальное число зубьев, реализуемое на одной пластине; силу сцепления зубчатых пластин с древесиной (замена силы трения); лимитирующую силу тяжести от груза, не вызывающую срез зубьев, а также смятие зубчатой пластины в местах ее крепления. Кроме того, также было принято учесть лимитирующее разрывное усилие в сварном шве, соединяющем пластину крепления 1 (рис. 2) с несущей рамой ФЗГУ, т.к. это место в конструкции ФЗГУ предположительно получает максимальные нагрузки при эксплуатации.

Параметры зуба пластины приняты такие же, как у пластины, используемой при фиксации деревянных стропильных конструкций (рис. 3). Пластина изготавливается из листового проката (Ст4) толщиной 1 мм. Зубья высотой 8 мм и шириной 12,7 мм получают штампованием. Применение уже существующей конструкции зубчатой пластины снизит затраты на реализацию модернизации ФЗГУ.

Расчет силы сцепления зубчатых пластин с древесиной выполнялся по методике [9], в которой сила сцепления рассчитывается как сумма сил:

$$F_{вз} = F_{зац} + F_{тр} + F_{кр'} \quad (1)$$

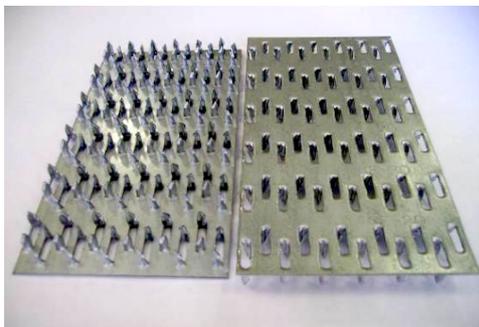


Рис. 3. Зубчатая (гвоздевая) пластина
Fig. 3. Toothed (nail) plate

где $F_{зац}$ — суммарная сила взаимодействия всех зубьев, внедренных в тело груза, Н; $F_{тр}$ — сила трения между плоскими поверхностями зубчатых пластин и поверхностью груза, Н; $F_{кр}$ — сила дополнительного сопротивления на кромке контактных элементов в результате упругой деформации, Н.

$$F_{зац} = S_3 \cdot \sigma_{см}^{AP} \cdot n_3, \quad (2)$$

где S_3 — площадь поверхности зуба, на которую воздействует сила тяжести груза, мм²; $\sigma_{см}^{AP}$ — допускаемое напряжение смятия древесины в направлении усилия сдвига, МПа; n_3 — число зубьев на одной пластине, внедренных в тело груза.

$$F_{тр} = N \cdot \frac{2,4 \tau_0 (1 - \mu_2^2)}{E_{пр}} \sqrt{\frac{R}{h_{cp}}} + \beta + 0,2 \alpha_{гис} \sqrt{\frac{h_{cp}}{2}}, \quad (3)$$

где N — сжимающая сила контактных элементов, Н; τ_0 — фрикционная константа, зависящая от физико-химического состояния трущихся поверхностей, $\tau_0 = 0,05$ [11]; μ_2 — коэффициент Пуассона древесины, $\mu_2 = 0,5$; $E_{пр}$ — приведенный модуль упругости, МПа; R — приведенный радиус кривизны, $R = 108$ мм (для плоских поверхностей принимаем радиус, значительно превышающий габариты трущихся поверхностей); h_{cp} — величина средней микрошероховатости; мм; β — фрикционная константа, $\beta = 0,061$ [11]; $\alpha_{гис}$ — коэффициент гистерезисных потерь материала, $\alpha_{гис} = 0,2$ [11].

Сжимающая сила контактных элементов рассчитана через максимальную грузоподъемность устройства:

$$N = \frac{F_{гр}}{f_{тр}}, \quad (4)$$

где $F_{гр}$ — сила тяжести груза, Н; $f_{тр}$ — коэффициент трения между плоскими поверхностями зубчатых пластин и поверхностью груза, $f_{тр} = 0,6$ [9].

$$F_{кр} = \frac{\sigma_{см}^{AP} h_k L_k R_k}{a}, \quad (5)$$

где h_k — высота кромки, мм; L_k — длина кромки, мм; R_k — радиус кромки; a — ширина зоны контакта, мм.

Расчет сил, вызывающих срез зубьев, а также смятие зубчатой пластины в местах ее крепления (по 10 винтовых соединений винтами М12 ГОСТ 17475-80), выполнен по классическим формулам расчета деталей машин на прочность [13, 14]:

— сила, вызывающая срез зубьев

$$F_{отр.з.} = \frac{\tau_{кр}^{CT} \cdot W_k \cdot n_3 \cdot 4 \cdot 10^3}{n_{без} \cdot n_{пр} \cdot h_3}, \quad (6)$$

где $\tau_{кр}^{CT}$ — допускаемое напряжение кручения, $\tau_{кр}^{CT} = 103$ МПа (для материала Ст4); W_k — момент сопротивления при кручении, м³; $n_{без}$ — коэффициент безопасности; $n_{пр}$ — коэффициент запаса прочности; h_3 — высота зуба, мм;

— сила смятия зубчатой пластины в местах крепления

$$F_{кр.пл.} = \frac{\sigma_{см}^{CT}}{n_{без} \cdot n_{пр}} \cdot S_{кр}, \quad (7)$$

где $\sigma_{см}^{CT}$ — допускаемое напряжение смятия, $\sigma_{см}^{CT} = 142$ МПа (для материала Ст4); $S_{кр}$ — площадь контакта зубчатых пластин с крепежными элементами, подвергнутых напряжениям смятия;

— разрывное усилие в сварном шве

$$F_{св} = L_{св} \cdot S_{св} \cdot \frac{\sigma_{св}}{n_{без} n_{пр}}, \quad (8)$$

где $L_{св}$ — длина сварного шва, $L_{св} = 280$ мм; $S_{св}$ — толщина привариваемого элемента, $S_{св} = 5$ мм; $\sigma_{св}$ — допускаемые напряжения при растяжении таврового сварного шва, $\sigma_{св} = 93,16$ МПа;

В расчетах коэффициент безопасности принят равным 1,15, т.к. ФЗГУ используется в транспортных и технологических процессах [15]. Коэффициент запаса прочности принят равным 1,6, как для механизмов подъема груза при втором расчетном случае [15]. Лимитирующее разрывное усилие в сварном шве рассчитано при тех же коэффициентах безопасности и запаса прочности. В расчете принят сварной шов таврового соединения с толщиной свариваемых деталей 5 мм. Длина шва принята по чертежам ФЗГУ.

Для подбора минимального числа зубьев пластины все силы были сведены в общую систему координат [16], где по оси абсцисс изменяется количество зубьев на пластинах, по оси ординат — значения расчетных сил (рис. 4). Сила сцепления рассчитана для груза с механическими характеристиками дуба.

На рис. 4 представлено 5 графиков: 1,3–5 ограничивают область решения задачи график 2 является целевой функцией. Чем больше значение графика 2, тем больше грузоподъемность ФЗГУ.

Как видно из рис. 4, область решения находится между осью абсцисс и графиками 3 и 5. Однако график 2 проходит за пределами области решения. С одной стороны, полученный результат показывает, что даже при контакте с гладкой стальной поверхностью грузоподъемность ФЗГУ сохраняется, но, с другой стороны, появляется возможность снизить сжимающее усилие, развиваемое гидроцилиндрами 2 (рис. 2) ФЗГУ. Снижение требуемого усилия дает несколько преимуществ: снижение энергозатрат на выполнение рабочих операций ФЗГУ; возможность применения гидроцилиндров с меньшим диаметром поршня, что снижает себестоимость ФЗГУ; снижение нагрузки на опоры гидроцилиндров ФЗГУ.

Для того, чтобы определить, во сколько раз можно снизить сжимающее усилие в гидроцилиндрах, было получено отношение ординат точек пересечения графиков 1 и 2 и графиков 1 и 3 (рис. 4). В результате усилие было снижено в 23,7 раза.

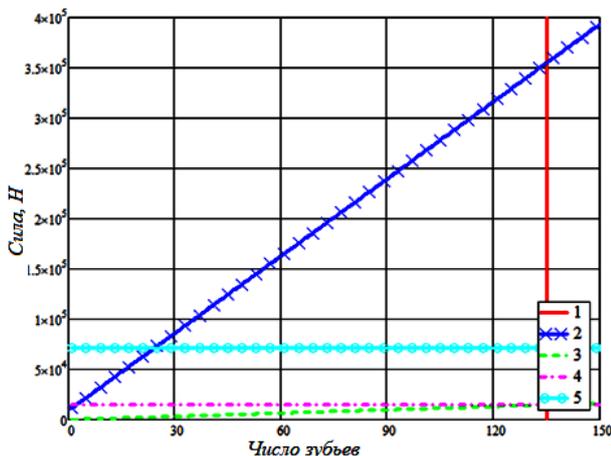


Рис. 4. Определение минимального числа зубьев пластины ФЗГУ: 1 — максимальное число зубьев на одной контактирующей поверхности (геометрическое ограничение); 2 — сила сцепления груза зубчатых пластин с древесиной (грузоподъемность); 3 — сила, вызывающая срез зубьев; 4 — сила, вызывающая смятие пластины в местах крепления зубчатых пластин; 5 — разрывное усилие в сварном шве пластины крепления и несущей рамы

На рис. 5 представлены результаты расчетов при сниженном сжимающем усилии в гидроцилиндрах. Минимальное число зубьев одной пластины 133.

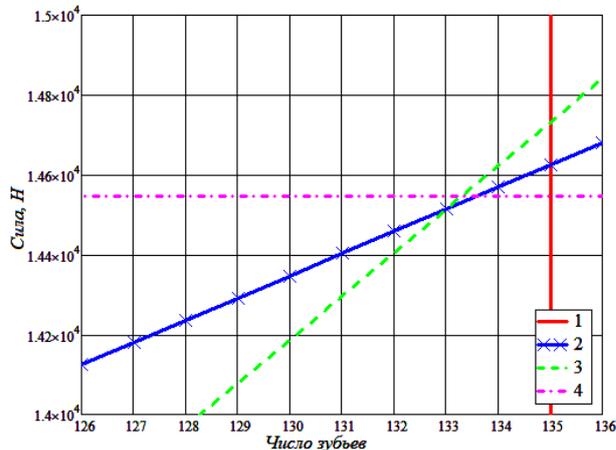


Рис. 5. Определение минимального числа зубьев пластины ФЗГУ при сниженном усилии в гидроцилиндрах

Учитывая тот факт, что различные породы древесины отличаются механическими характеристиками, в табл. 1 представлены результаты расчетов аналогично рис. 4 и рис. 5 для наиболее известных пород древесины.

Результаты расчетов, представленные в табл. 1, показывают, что минимальное число зубьев для всех рассчитанных пород древесины составило 133. Возможность снижения сжимающего усилия варьируется в зависимости от породы древесины, что связано с различными реологическими свойствами и коэффициентами трения пород древесины. Однако результаты расчетов в табл. 1 необходимого

Таблица 1. Расчет минимального числа зубьев для различных пород древесины
Table 1. Calculation of the minimum number of teeth for various types of wood

Параметр	Древесина											
	береза	бук	луб	липа	лиственница	ольха	орех грецкий	осина	пихта	сосна	тополь	ясень
Предел смятия древесины при сжатии, МПа [9]	54,0	52,9	52,0	45,8	61,5	44,5	55,4	43,1	40,0	46,3	40,0	56,2
Сила, необходимая для внедрения зубьев в древесину, кН	1,43	1,41	1,38	1,21	1,63	1,18	1,47	1,14	1,06	1,23	1,06	1,49
Предельная сжимающая сила до начала разрушения груза, кН	799,6	783,3	770,0	678,2	910,6	658,9	820,3	638,2	592,3	685,6	592,3	832,2
Сжимающая сила гидроцилиндров, кН	22,50											
Коэффициент возможного снижения усилия в гидроцилиндрах	23,7	26,3	23,7	19,9	21,6	21,6	22,7	14,6	14,6	17,8	17,2	23,7
Допускаемое усилие в сварном шве, кН	70,88											
Допускаемое усилие, не вызывающее отрыв зубьев, кН	14,51											
Допускаемое усилие в местах крепления зубчатой пластины, кН	14,55											
Минимальное число зубьев	133											
Расчетная грузоподъемность ФЗГУ, кг	1455	1430	1459	1460	1455	1453	1473	1442	1466	1441	1456	1468

усилия для внедрения зубьев пластин в поверхность древесины показывает, что в случае с листовницей снижение сжимающего усилия даже в 14,7 раза не позволит зафиксировать груз. Поэтому логично принять требуемое сжимающее усилие с запасом. При номинальном рабочем давлении в гидросистеме 20 МПа (номинальное рабочее давление гидронасоса кранового механизма автомобильного крана) усилие в 2 кН реализуется гидроцилиндром с диаметром поршня 12 мм (нормальный ряд по ГОСТ 6540-88), что позволяет заменить гидроцилиндры с диаметром поршня в 50 мм.

Конкретную конструкцию гидроцилиндров необходимо подбирать, учитывая конструктивную возможность их крепления к корпусу ФЗГУ и преодоление сил трения между выдвижными П-образными секциями 7 (рис. 2) и корпусом. Тем не менее гидроцилиндры с меньшим диаметром поршней увеличат скорость перемещения П-образных секций и снизят массу ФЗГУ.

Расчетная грузоподъемность ФЗГУ, представленная в табл. 1, в среднем превышает на 100 кг грузоподъемность относительно базовой конструкции. Однако увеличение грузоподъемности может снизить надежность несущей конструкции модернизированного ФЗГУ. Поэтому далее выполним оценку ее надежности.

Надежность несущей конструкции модернизированного ФЗГУ

В качестве показателя надежности принята вероятность безотказной работы. Расчет вероятности безотказной работы несущей конструкции ФЗГУ был выполнен с применением компьютерного моделирования [17, 18] методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния деталей конструкции (рис. 6 и рис. 7).

При помощи компьютерного моделирования были определены участки с наибольшими напряжениями (рис. 6 и рис. 7). Затем для данных участков был выполнен ряд компьютерных экспериментов при различных значениях силы тяжести груза. Полученные значения напряжений были аппроксимированы кривыми, которые стали математическими моделями изменения напряжений в зависимости от силы тяжести груза (рис. 8). После чего при помощи датчика случайных чисел в программном комплексе Mathcad была сгенерирована выборка значений (нормальный закон распределения [15]) силы тяжести груза, которая была пропущена через полученные математические модели, также запрограммированные в программном комплексе Mathcad. В результате были получены выборки напряжений в расчетных участках, по которым были восстановлены функции плотности распределения действующих напряжений.

Для функций плотности распределения предельных напряжений необходимо определить два параметра: среднее значение предела выносливости и коэффициент вариации. В расчете принята сталь углеродистая низколегированная марки 18К по ГОСТ 5520-79. Для стали был рассчитан предел выносливости на растяжение (по пределу текучести) при числе циклов нагружения 106 (приблизительно равно числу нагружений при трехсменном режиме работы ФЗГУ в течение 5 лет):

$$\mu_{\sigma_{lim}} = K_{HL} K_p \sigma^{-1} \quad (9)$$

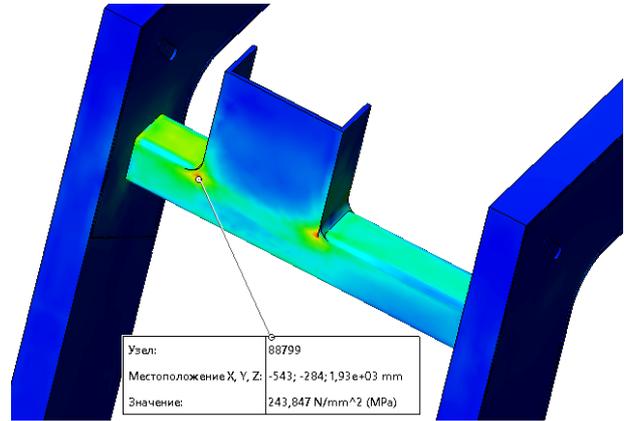


Рис. 6. Картина напряжений выдвижной Г-образной секции ФЗГУ

Fig. 6. Stress pattern of the retractable L-shaped section of the block loading grab

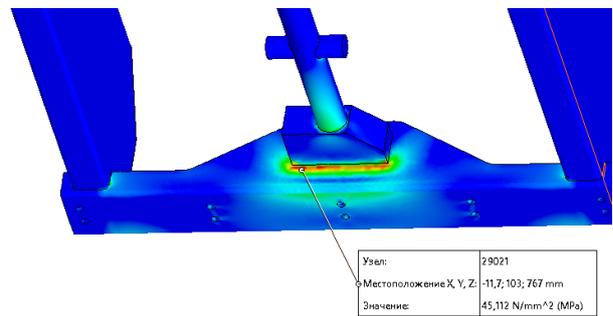


Рис. 7. Картина напряжений выдвижной П-образной секции ФЗГУ

Fig. 7. Stress pattern of the retractable U-shaped section of the block loading grab

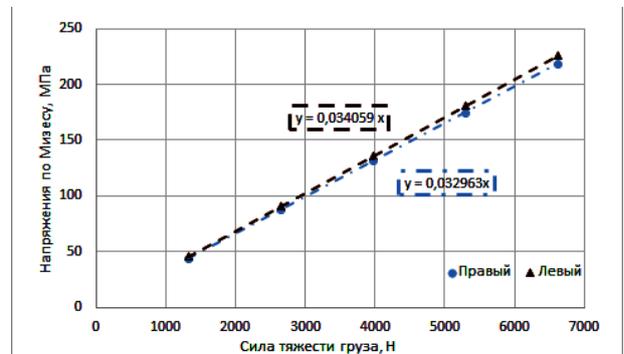


Рис. 8. Математические модели изменения максимальных растягивающих напряжений от силы тяжести груза

Fig. 8. Mathematical models of changes in maximum tensile stresses from the force of gravity of the load

где K_{HL} — коэффициент долговечности, $K_{HL} = 1$ (число циклов нагружения не превышает 106); K_p — коэффициент, учитывающий, какой вероятности неразрушения соответствует определяемый предел выносливости; σ^{-1} — предел текучести материала, $\sigma^{-1} = 282,67$ МПа.

Коэффициент, учитывающий, какой вероятности неразрушения соответствует определяемый предел выносливости

$$K_p = \frac{1}{1 + u_p \cdot \vartheta_{lim}} \quad (10)$$

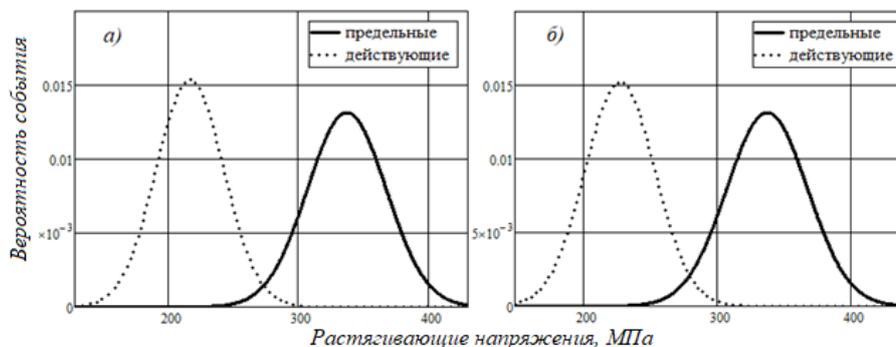


Рис. 9. Вероятность безотказной работы:
 а) выдвижная Г-образная секция 99,9 %; б) выдвижная П-образная секция 99,7 %
 Fig. 9. Reliability function:
 а) retractable L-shaped section 99,9 %; б) retractable U-shaped section 99,7 %

где u_p — квантиль нормального распределения, $u_p = -1,8$ (для вероятности безотказной работы, равной 0,9641 [19]); ϑ_{lim} — коэффициент вариации, $\vartheta_{lim} = 0,09$ (для материалов без термообработки [19]).

Среднее квадратическое отклонение определяем по формуле

$$\sigma_{\sigma_{lim}} = \vartheta_{lim} \cdot \mu_{\sigma_{lim}} \quad (11)$$

На рис. 9 представлены результаты расчетов вероятности безотказной работы для выдвижных Г-образной (рис. 9а) и П-образной (рис. 9б) секций ФЗГУ.

Вероятность безотказной работы Г-образной выдвижной секции составила 99,9 %, расчет вероятности безотказной работы второй Г-образной секции показал 100 %. Вероятность безотказной работы обеих П-образных секций составила 99,7 %. Расчет вероятности безотказной работы корпуса и зубчатых пластин в местах креплений показал 100 %. Общую вероятность безотказной работы несущей конструкции ФЗГУ примем как произведение вероятностей безотказной работы всех её элементов, что составило 99,3 % (допустимое значение для грузоподъемных машин общего назначения 99,0 % [15]).

Отметим, что на общую надежность ФЗГУ также будет влиять характеристика надежности гидравлического оборудования ФЗГУ. Однако при проектировании ФЗГУ гидравлическое оборудование будет относиться к стандартным комплектующим изделиям, надежность которых будет указана производителем, а несущая конструкция ФЗГУ уникальна и требует контроля уровня надежности как при конструировании, так и при обратном инжиниринге ФЗГУ. Поэтому в статье оценена надежность только элементов несущей конструкции ФЗГУ.

Выводы

По результатам выполненной модернизации ФЗГУ получены следующие выводы:

1. Выявлено, что применение зубчатых пластин в конструкции ФЗГУ серии АКЗ-Н-UNIGRIP позволяет при использовании устройства для грузов из древесины снизить сжимающее усилие гидроцилиндров более чем в 10 раз.

2. За счет модернизации грузоподъемность ФЗГУ увеличена на 80 кг.

3. Расчет вероятности безотказной работы несущей конструкции ФЗГУ при сроке службы в 5 лет составил 99,3 %, что подтверждает возможность эксплуатации модернизированного ФЗГУ.

Список источников

1. Пат. 2714991 С1 Российская Федерация, МПК В66С 1/00. Струбцина с клиновым зажимом для панелей / Руденко А. В., Дужевский И. А. № 2019122843; заявл. 19.07.2019; опубл. 21.02.2020, Бюл. № 6.
2. Пат. 2714996 С1 Российская Федерация, МПК В66С 1/42. Струбцина с клиновым зажимом для плоских грузов / Руденко А. В., Дужевский И. А. № 2019122842; заявл. 19.07.2019; опубл. 21.02.2020, Бюл. № 6.
3. Пат. 2659669 С1 Российская Федерация, МПК В66С 1/42. Грузозахватное устройство для перемещения деревянных конструкций / Мелехов В. И., Бабкин А. И. № 2017133224; заявл. 25.09.2017; опубл. 03.07.2018, Бюл. № 19.
4. Пат. 139925 U1 Российская Федерация, МПК В66С 1/10. Струбцина для грузов / Руденко А. В., Бабкин А. И. № 2013141734/11; заявл. 10.09.2013; опубл. 27.04.2014, Бюл. № 12.
5. Renfro C. J. Screw-type lifting clamp. Canada patent CA1071262A; filed March 3rd, 1977; published February 5th, 1980.
6. Gillesse C. N., De Kruijff C. T. Lifting clamp. US patent US20120134773A1; filed March 10th, 2010; published May 31th, 2012.
7. Berk P. Lifting clamp. US patent US20100109362A1; filed March 10th, 2008; published May 6rd, 2010.
8. Davies W. Lifting clamp. Canada patent CA1096421A; filed February 7th, 1979; published February 24th, 1981.
9. Бабкин А. И. Совершенствование фрикционных грузозахватных устройств для перемещения деревянных конструкций: автореф. дис. ... канд. техн. наук: Архангельск, 2018. 20 с.
10. Block Loading Grab AKZ-H-UNIGRIP: Operating Instructions. Probst GmbH. 144 p. URL: <https://www.manualslib.com/manual/2031304/Probst-Akz-Unigrip-1230> (дата обращения: 01.07.2023).
11. Трение, изнашивание и смазка: Справочник. В 2 кн. / Под ред. И. В. Крагельского, В. В. Алинина. Москва: Машиностроение.
 Кн. 1. 1978. 400 с.
 Кн. 2. 1979. 358 с.
12. Лепетов В. А. Резиновые технические изделия. Ленинград: Госхимиздат, 1959. 446 с.
13. Babichev D. T., Lebedev S. Yu. Mechanisms and Machine Science // Mechanisms and Machine Science. 2019. Vol. 73. P. 2937–2953. DOI: 10.1007/978-3-030-20131-9_56. EDN: SBGSKT.
14. Babichev D. T., Lebedev S. Y., Babichev D. A. Calculation of tooth profile radiuses of curvature into line of contact parameters // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering:

10th International Symposium Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering. 2018. Vol. 393. P. 012051. DOI: 10.1088/1757-899X/393/1/012051. EDN: YBWSYH.

15. РТМ 24.090.25-76. Краны грузоподъемные. Расчет вероятности безотказной работы элементов. Введ. 1978–02–09. Москва: ВНИИПТмаш, 1976. 37 с.

16. Babichev D. T., Lebedev S. Y., Babichev D. A. Theoretical fundamentals of spur and helical gear synthesis based on assignment of meshing lines at face section // International Review of Mechanical Engineering. 2018. Vol. 12, no. 9. P. 762–770. DOI: 10.15866/ireme.v12i9.15580. EDN: LDVHZB.

17. Сызранцева К. В., Василега Н. А. Оценка вероятности отказа при эксплуатации сборного режущего инструмента со сменными многогранными пластинами методами непараметрической статистики // Омский научный вестник. 2023. № 2 (186). С. 35–43. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-186-35-43. EDN: DYFFFD.

18. Сызранцева К. В., Кусков К. В., Пазяк М. А. Обоснование выбора коррозионно-стойкого материала корпуса превентора на основе моделирования его упругопластического деформирования // Омский научный вестник. 2022. № 4 (184). С. 5–11. DOI: 10.25206/1813-8225-2022-184-5-11. EDN: MMGSMA.

19. Кудрявцев В. Н., Решетов Д. Н., Кузьмин И. С. [и др.]. О методах оценки несущей способности цилиндрических зубчатых передач // Вестник машиностроения. 1989. № 9. С. 29–36.

КОРОЛЕВСКИХ Анастасия Николаевна, старший преподаватель кафедры «Прикладная механика» Тюменского индустриального университета (ТИУ), г. Тюмень.

SPIN-код: 6436-8272

AuthorID (РИНЦ): 803414

ORCID: 0009-0003-3340-0756

ResearcherID: E-8402-2014

Адрес для переписки: korolevskihan@tyuiu.ru

ДВИНСКАЯ Ольга Асхатовна, ассистент кафедры «Прикладная механика» ТИУ, г. Тюмень.

SPIN-код: 8266-0152

AuthorID (РИНЦ): 1209414

ORCID: 0009-0000-0995-1003

ResearcherID: IYJ-1271-2023

Адрес для переписки: dvinskajaoa@tyuiu.ru

БОГДАНОВА Елена Александровна, ассистент кафедры «Прикладная механика» ТИУ, г. Тюмень.

SPIN-код: 2395-9969

AuthorID (РИНЦ): 685866

ORCID: 0009-0009-8202-0008

ResearcherID: IYJ-0913-2023

Адрес для переписки: bogdanovaea1@tyuiu.ru

Для цитирования

Королевских А. Н., Двинская О. А., Богданова Е. А. Модернизация грузозахватного устройства для целей лесной промышленности // Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2023. Т. 7, № 3. С. 53–61. DOI: 10.25206/2588-0373-2023-7-3-53-61.

Статья поступила в редакцию 09.08.2023 г.

© А. Н. Королевских, О. А. Двинская,
Е. А. Богданова

MODERNIZATION OF THE LOAD GRIPPING DEVICE FOR FORESTRY INDUSTRY

A. N. Korolevskikh, O. A. Dvinskaya, E. A. Bogdanova

Industrial University of Tyumen,
Russia, Tyumen, Volodarskogo St., 38, 625000

The article proposes to install toothed plates on the contact surfaces of a foreign-made friction-clamping load-gripping device. The modernization of the friction-clamping load-gripping device is designed to use the device when moving goods from wood. The need for modernization is substantiated. The parameters of the gear plate are determined. The reliability of the upgraded friction-clamping load-gripping device is estimated. The article will be useful to engineers and researchers working on reverse engineering of foreign-made industrial equipment.

Keywords: load-gripping equipment, friction-clamping load-gripping device, reverse engineering.

References

1. Patent No. 2714991 Russian Federation, IPC B66C 1/00. Strubtsina s klinovym zazhimom dlya paneley [Clamp with Wedge Clip for Panels] / Rudenko A. V., Duzhevskiy I. A. No. 2714991 C1. (In Russ.).
2. Patent No. 2714996 Russian Federation, IPC B66C 1/00. Strubtsina s klinovym zazhimom dlya ploskikh gruzov [Clamp with Wedge Clip for Flat Loads] / Rudenko A. V., Duzhevskiy I. A. No. 2714996 C1. (In Russ.).
3. Patent No. 2659669 C1 Russian Federation, IPC B66C 1/42. Gruzozakhvatnoye ustroystvo dlya peremeshcheniya derevyannykh konstruksiy [Load handling device for moving wooden structures] / Melekhov V. I., Babkin A. I. No. 2659669 C1. (In Russ.).
4. Patent No. 139925 Russian Federation, IPC B66C 1/10. Strubtsina dlya gruzov [Wedge Clamp] / Rudenko A. V., Babkin A. I. No. 139925 U1. (In Russ.).
5. Renfroe C. J. Screw-type lifting clamp. Canada patent CA1071262A; filed March 3rd, 1977; published February 5th, 1980. (In Engl.).
6. Gillesse C. N., De Kruijff C. T. Lifting clamp. US patent US20120134773A1; filed March 10th, 2010; published May 31th, 2012. (In Engl.).
7. Berk P. Lifting clamp. US patent US20100109362A1; filed March 10th, 2008; published May 6rd, 2010. (In Engl.).
8. Davies W. Lifting clamp. Canada patent CA1096421A; filed February 7th, 1979; published February 24th, 1981. (In Engl.).
9. Babkin A. I. Sovershenstvovaniye friktsionnykh gruzozakhvatnykh ustroystv dlya peremeshcheniya derevyannykh konstruksiy [Improvement of friction load gripping devices for moving wooden structures]. 2018. 20 p. (In Russ.).
10. Block Loading Grab AKZ-H-UNIGRIP: Operating Instructions. Probst GmbH. 144 p. URL: <https://www.manualslib.com/manual/2031304/Probst-Akz-Unigrip-1230> (accessed: 01.07.2023). (In Engl.).
11. Kragel'skiy I. V., Alisin V. V. Treniye, iznashivaniye i smazka [Friction, wear and lubrication]. In 2 bks. Moscow. (In Russ.).
Bk. I. 1978. 400 p. (In Russ.).
Bk. II. 1979. 358 p. (In Russ.).
12. Lepetov V. A. Rezinovyye tekhnicheskiye izdeliya [Rubber technical products]. Saint Petersburg. 1959. 446 p. (In Russ.).
13. Babichev D. T., Lebedev S. Yu. Mechanisms and Machine Science. // Mechanisms and Machine Science. 2019. Vol. 73. P. 559–568. DOI: 10.1007/978-3-030-20131-9_56. EDN: SBGSKT. (In Engl.).
14. Babichev D. T., Lebedev S. Y., Babichev D. A. Calculation of tooth profile radiuses of curvature into line of contact parameters // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 10th International Symposium Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering, 2018. Vol. 393. P. 012051. DOI: 10.1088/1757-899X/393/1/012051. EDN: YBWSYH. (In Engl.).
15. TGM 24.090.25-76. Krany gruzopod'emnye. Raschet veroyatnosti bezotkaznoj raboty elementov [Lifting cranes. Calculation of the probability of failure-free operation of elements]. Moscow. 1976. 37 p. (In Russ.).
16. Babichev D. T., Lebedev S. Y., Babichev D. A. Theoretical fundamentals of spur and helical gear synthesis based on assignment of meshing lines at face section // International Review of Mechanical Engineering. 2018. Vol. 12, no. 9. P. 762–770. DOI: 10.15866/ireme.v12i9.15580. EDN: LDVHZB. (In Engl.).
17. Syzrantseva K. V., Vasilega N. A. Otsenka veroyatnosti otказа pri ekspluatatsii sbornogo rezhushchego instrumenta so smennymi mnogogrannymi platinami metodami neparametricheskoy statistiki [Estimation of the probability of failure during operation of a prefabricated cutting tool with replaceable polyhedral plates by nonparametric statistics methods] // Omskiy Nauchnyy Vestnik. *Omsk Scientific Bulletin*. 2023. No. 2 (186). P. 35–43. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-186-35-43. EDN: DYFFFD. (In Russ.).
18. Syzrantseva K. V., Kuskov K. V., Pazyak M. A. Obosnovaniye vybora korrozionnostoykogo materiala korpusa preventora na osnove modelirovaniya yego uprugoplasticheskogo deformirovaniya [Substantiation of the choice of corrosion-resistant material of the preventer body based on modeling of its elastic-plastic deformation] // Omskiy Nauchnyy Vestnik. *Omsk Scientific Bulletin*. 2022. No. 4 (184). P. 5–11. DOI: 10.25206/1813-8225-2022-184-5-11. EDN: MMGSMA. (In Russ.).
19. Kudryavtsev V. N., Reshetov D. N., Kuzmin I. S. [et al.]. O metodah ocenki nesushchej sposobnosti cilindricheskikh zubchatykh peredach [On methods for assessing the load-bearing capacity of cylindrical gears] // Vestnik Mashinostroeniya. *Russian Engineering Research*. 1989. No. 9. P. 29–36. (In Russ.).

KOROLEVSKIKH Anastasia Nikolaevna, Senior Lecturer of Applied Mechanics Department, Industrial University of Tyumen (IUT), Tyumen.
SPIN-code: 6436-8272
AuthorID (RSCI): 803414

ORCID: 0009-0003-3340-0756
ResearcherID: E-8402-2014
Correspondence address: korolevskihan@tyuiu.ru
DVINSKAYA Olga Askhatovna, Assistant of Applied
Mechanics Department, IUT, Tyumen.
SPIN-code: 8266-0152
AuthorID (RSCI): 1209414
ORCID: 0009-0000-0995-1003
ResearcherID: IYJ-1271-2023
Correspondence address: dvinskajaoa@tyuiu.ru
BOGDANOVA Elena Alexandrovna, Assistant of
Applied Mechanics Department, IUT, Tyumen.
SPIN-code: 2395-9969
AuthorID (RSCI): 685866

ORCID: 0009-0009-8202-0008
ResearcherID: IYJ-0913-2023
Correspondence address: bogdanovaea1@tyuiu.ru

For citations

Korolevskikh A. N., Dvinskaya O. A., Bogdanova E. A.
Modernization of the load gripping device for forestry industry //
Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power
Engineering. 2023. Vol. 7, no. 3. P. 53–61. DOI: 10.25206/2588-
0373-2023-7-3-53-61.

Received August 9, 2023.

© A. N. Korolevskikh, O. A. Dvinskaya, E. A. Bogdanova