УДК 621.62
2.5.6. Технология машиностроения




В.Н. Колпаков[1], М.Г. Биричевский[2]
[1]Вологодский государственный университет,
[2]ООО «НПФ Техпромсервис»

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО БРИКЕТИРОВОЧНОГО ПРЕССА ДЛЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Проведен анализ существующей схемы брикетировочного пресса и исследование процесса прессования, на основании которого определен оптимальный участок ускоренного прессования. Для его реализации в схему пресса введено управляющее гидроустройство для переключения с быстрого подвода на рабочий ход, выполнен динамический расчет и определены геометрическая форма и размеры рабочего элемента. Модернизация позволит увеличить производительность пресса.

Брикетировочный пресс, производительность, гидропривод, гидроцилиндр, прессование, давление, управляющее гидроустройство, динамический синтез.

Брикетировочные прессы – это устройства, предназначенные для уменьшения объема сыпучих отходов (древесная стружка, опилки, жмых и т.д.) в несколько раз и их последующей упаковки. Это позволяет производить более удобное хранение, учет и транспортировку упакованного сырья за счет его небольших габаритов и массы. Данные прессы востребованы на многих предприятиях, в результате работы которых образуются сыпучие отходы.

Способ утилизации опилок и других отходов лесопереработки путем производства топливных брикетов находит все большее применение в промышленности.

Основным оборудованием, определяющим качество брикетов и производительность, являются прессы. Известны прессы для брикетирования древесных отходов следующих конструкций: копровые, шнековые, гидравлические, ротационные, ударно-механические [8].

Наибольшее применение получили гидравлические прессы, обладающие такими достоинствами, как большое усилие прессования, высокая надежность, достаточно простое регулирование и контроль усилия, автоматизация. Поэтому большинство исследований ориентировано именно на оптимизацию процессов брикетирования и совершенствование конструкции гидравлических прессов.

Наиболее фундаментальной работой в этой области является монография Н.А. Модина [5], изданная в 1971 г., в последующие годы исследованиям процессов и оборудования для брикетирования уделялось большое внимание.

Из современных исследований следует выделить работу Ю.Н. Власова [2], в которой рассмотрено воздействие динамических нагрузок на измельченные древесные материалы с учетом скоростей и ускорений рабочего органа в процессе формирования брикета. Доказано что применение модели статического прессования не являются адекватными, т.к. на деформации материалов влияют изменение давления прессования и коэффициента вязкого сопротивления материала.

В работах О.В. Чибирева [8, 9] проведен всесторонний анализ влияния различных факторов на качество брикетов и на основании полученных экспериментальных данных определены диапазоны изменения управляемых факторов, а именно влажности материала, средней крупности, содержания коры и давления прессования.

Заслуживают внимания некоторые разработки из смежной области (штамповки), которые с некоторой коррекцией могут быть полезны и для брикетировочных прессов [1, 7].

Работа И.А. Пылинова [7] посвящена вопросам автоматизации вертикальных гидравлических прессов. В ней обоснован выбор датчиков давления и элементов человеко-машинного интерфейса для управления скоростью штамповки и контроля параметров технологического процесса, что позволяет обеспечить необходимую точность позиционирования и повысить безопасность.

В статье М.Е. Гойдо [3] рассматривается применение пневмогидравлического аккумулятора для рекуперации энергии упругих деформаций гидравлического пресса. Предлагаемое техническое решение позволяет сохранять энергию, выделяемую при разгрузке пресса, и повторно использовать ее. Это позволяет снизить пиковые нагрузки на насосную установку, снизить установленную мощность насосов, стабилизировать работу гидропривода и получить экономию энергии за счет повторного использования накопленного давления.

В изобретении М.Е. Гойдо [6] предлагается новый способ управления подвижной траверсой гидравлического пресса, заключающийся в том, что после завершения рабочего хода траверсы прекращают подачу рабочей жидкости в рабочие полости рабочих гидроцилиндров (ГЦ), рабочие полости возвратных ГЦ ра-

зобщают с гидробаком, рабочие полости рабочих ГЦ в два этапа разгружают от высокого давления путем соединения их на первом этапе с устройством приема рабочей жидкости, а на втором этапе путем соединения с гидробаком. Предложенное решение позволяет сократить продолжительность рабочего цикла перемещения траверсы и за счет этого повысить производительность пресса.

Проведенный анализ показывает, что совершенствованию технологии и оборудования для брикетирования древесных отходов уделяется большое внимание. Вместе с тем следует отметить недостаток внимания повышению производительности производства брикетов.

Механизм прессования представляет собой гидравлический цилиндр двухстороннего действия. На конце штока этого гидроцилиндра установлена пуансон-каретка прямоугольной формы по размерам канала с небольшим зазором, обеспечивающим плавный ход без заеданий.

Механизм выгрузки брикета устроен также, как механизм прессования – гидравлический цилиндр двухстороннего действия, с той разницей, что рабочий ход пуансона намного меньше, чем у гидроцилиндра механизма прессования, и установлен гидроцилиндр механизма выгрузки брикета под прямым углом к оси гидроцилиндра механизма прессования.

Для выявления резервов повышения производительности брикетировочного гидравлического пресса рассмотрим упрощенную схему прессования, которая представлена на рисунке 1.

На рисунке 1 видно, что в начале прессования удаление воздуха происходит на длинном участке (а), а на оставшемся коротком участке прессование происходит в закрытом объеме (б) и удаление воздуха очень затруднительно.

Анализ работы пресса показал, что холостые хода занимают 50 % времени всего цикла и целесообразно для увеличения производительности оптимизировать закон движения пуансона. Предлагается повысить скорость холостых ходов на участке (а), при этом скоростной режим на участке прессования (б) в закрытом объеме выполняется на оптимальной скорости рабочего хода.

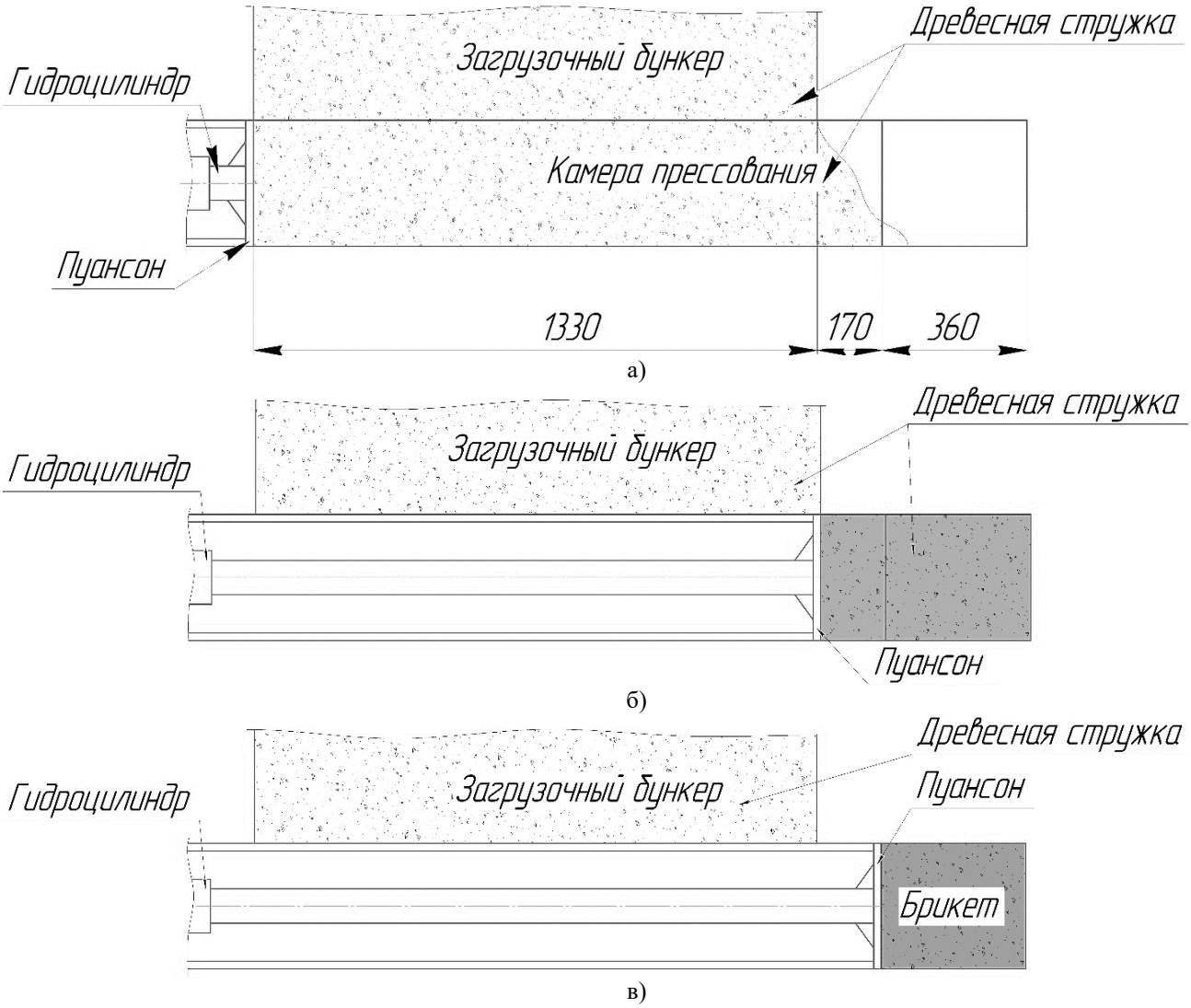


Рис. 1. Схема прессования: а – начало прессования; б – стадия закрытого прессования; в – конец прессования

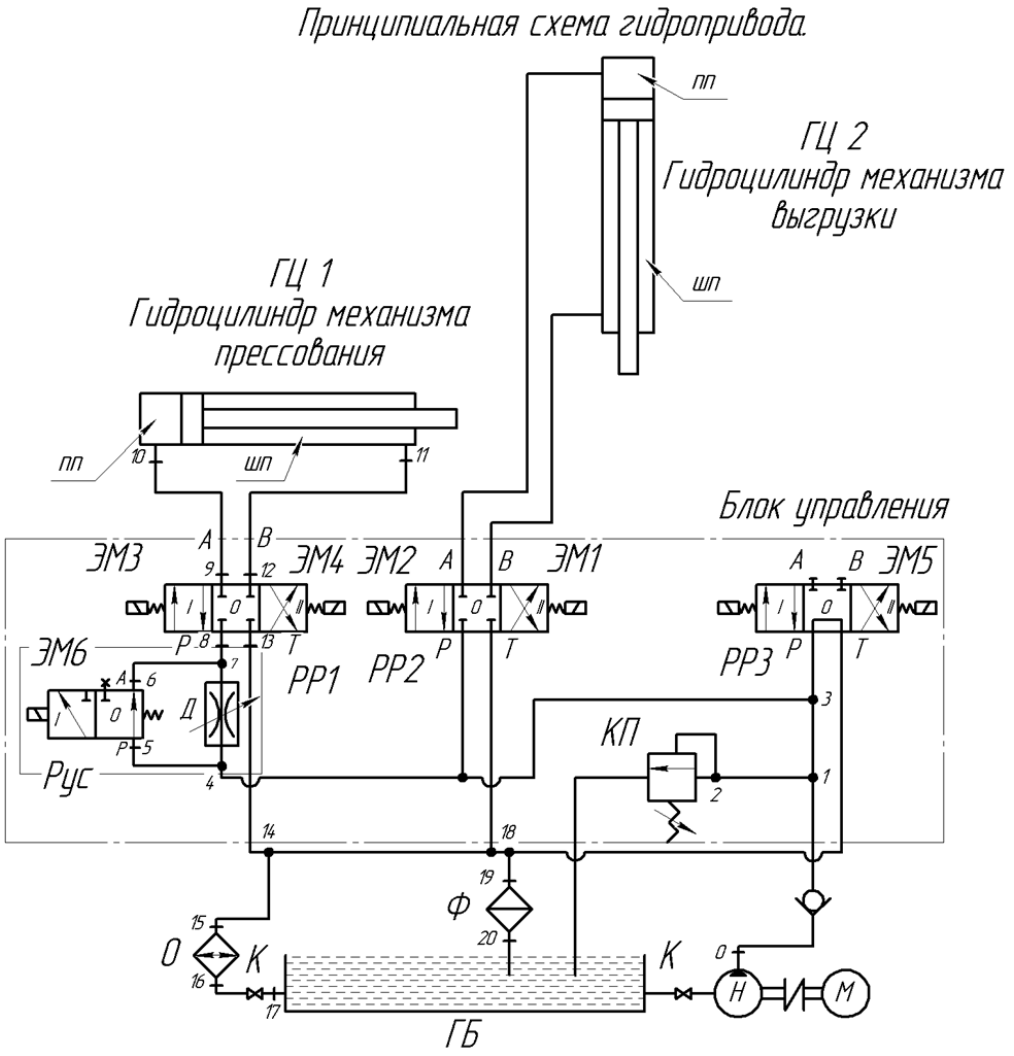


Рис. 2. Гидравлическая принципиальная схема:
М – двигатель; Н – насос; ГБ – гидробак; ГЦ – гидроцилиндр; КП – клапан переливной;
РР(1,2,3) – распределители; Д – дроссель; Рус – распределитель управления скорости;
ЭМ – электромагнит; пп – поршневая полость; шп – штоковая полость

Для этого в гидравлическую схему станка управляющее устройство, состоящее из 2-позиционного распределителя и регулируемого дросселя, что позволит повысить скорость подвода и отвода механизма прессования (пуансона) и за счет этого увеличить производительность.

На рисунке 2 представлена гидравлическая принципиальная схема пресса с встроенным управляющим гидроустройством регулирования скорости механизма прессования.

Принцип действия гидравлической системы, следующий:

БП (Быстрый подвод ГЦ1): от кнопки «Цикл» включается ЭМ5 и ЭМ3. Распределитель РР1 переключается в позицию I, а распределитель РР3 – в позицию I. Схема движения потоков жидкости следующая:

Н – Р(Рус)А – Р(РР1)А – ГЦ1(пп)/ГЦ1(шп) – В(РР1)Т – Ф – ГБ

\ Д /

РХ (Рабочий ход ГЦ1): включается ЭМ6, распределитель Рус переключается в позицию 1.

Н – Д – Р(РР1)А – ГЦ1(пп)/ГЦ(шп) – В(РР1)Т – Ф – ГБ

РХ (Рабочий ход ГЦ2): отключается ЭМ3, распределитель РР1 переключается в нейтральную позицию 0, включается ЭМ2 и распределитель РР2 переключается в позицию I.

Н – Р(РР2)А – ГЦ2(пп)/ГЦ2(шп) – В(РР2)Т – Ф – ГБ

БО (Быстрый отвод ГЦ2): включается ЭМ1, распределитель РР2 переключается в позицию II.

Н – Р(РР2)В – ГЦ2(шп)/ГЦ2(пп) – А(РР2)Т – Ф – ГБ

БО (Быстрый отвод ГЦ1): отключается ЭМ1, распределитель РР2 переключается в нейтральную позицию 0, включается ЭМ4, распределитель РР1 переключается в положение II.

Н – Р(Рус)А – Р(РР1)В – ГЦ1(шп)/ГЦ1(пп) – А(РР1)Т – Ф – ГБ

\ Д /

Затем цикл повторяется.

Произведен динамический синтез управляющего гидроустройства (УГУ) для процесса торможения пуансона при переключении с БО на РХ [4].

Выполнен расчет геометрической характеристики УГУ, т.е. зависимости площади его проходного сечения от перемещения золотника по формуле:

$$f_y = \frac{V}{\sqrt{\frac{1}{B_y}\left(p_н - \Delta p_0 - AV - BV^2 - \frac{G_x}{F_1} - \frac{m_\Sigma}{F_1}\cdot\frac{dV}{dt}\right)}}, \quad (1)$$

где V – скорость движения поршня ГЦ; By – коэффициент; $p_н$ – давление насоса; Δp_0 – сумма перепадов давления открытия гидроаппаратов; A и B – коэффициенты аппроксимации зависимости потерь давления в гидроаппаратах от расхода жидкости; G_x – проекция силы веса подвижных частей на направление движения поршня; F1 – эффективная площадь поршня гидроцилиндра; m_Σ – масса всех неуравновешенных подвижных частей и жидкости в напорной и сливной линиях, приведенные к поршню ГЦ; $\frac{dV}{dt}$ – ускорение поршня в процессе торможения.

При расчете принят закон постоянного ускорения. Расчет выполнен при следующих значениях параметров: V_y = 0,114 м/с; By = 0,284 $\frac{МПа\cdot с^2}{м^6}$; $p_н$ = 32 МПа; Δp_0 = 0,05 МПа; A = 4,868 $\frac{МПа\cdot с}{м^3}$; B = 21,719 $\frac{МПа\cdot с^2}{м^6}$; G_x = 0; m_Σ = 3266,39 кг; $\frac{dV}{dt}$ = - 1 м/с^2.

По результатам расчета построен график (рис. 3) геометрической характеристики управляющего гидроустройства и по нему подобраны форма и размеры его рабочего элемента так, чтобы фактическая геометрическая характеристика была наиболее близка к расчетной. В данном случае был выбран цилиндрический золотник с пазами прямоугольного сечения.

По графику подбираем форму управляющего гидроустройства из числа приведенных в [2] так, чтобы фактическая геометрическая характеристика была наиболее близка к расчетной.

Фактическая геометрическая характеристика строится по формуле:

$$f_{yф} = f_{y0} - kz, \quad (2)$$

где f_{y0} – площадь окна при z=0 м, $f_{y0} = nbz_k\sin\beta$.

Коэффициент, учитывающий угол наклона паза золотника, определяется по формуле:

$$k = nb\sin\beta,$$

где n – число пазов на золотнике, выполненных под углом β в градусах к оси золотника, и шириной b.

На рисунке 4 изображена конструкция рабочего элемента УГУ.

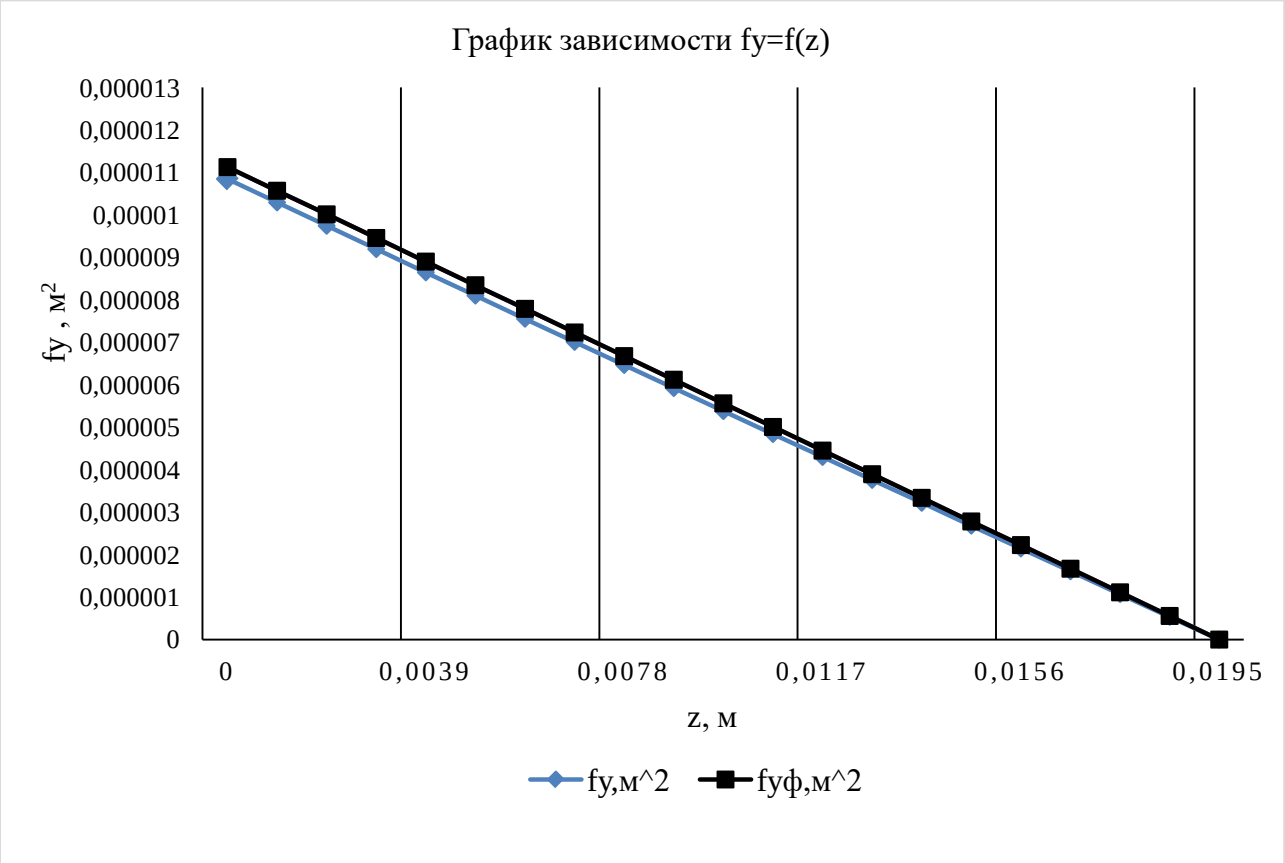


Рис. 3. График зависимости $f_y = f(z)$

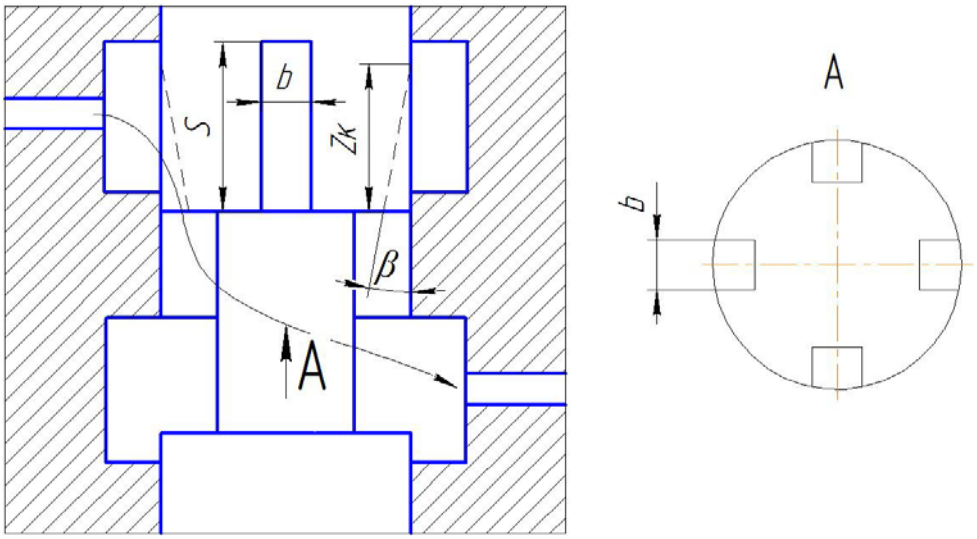


Рис. 4. Конструкция рабочего элемента УГУ

Расчеты показали, что расхождение между расчетными и фактическими значениями f_y не превышает 5 %.

Применение модернизированного гидропривода позволит увеличить производительность пресса в 1,76 раз, не оказывая отрицательного влияния на получаемый продукт.

Литература

1. Будников, Ю. М. Вертикальный пресс для вибрационного брикетирования бытовых отходов / Ю. В. Будников, В. Г. Шуваев, А. Н. Вишневская // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2013. – Т. 2. – С. 297–298.

2. Власов, Ю. Н. Анализ исследований по тематике прессования древесных отходов / Ю. Н. Власов, И. В. Григорьев, О. А. Куницкая, Е. Г. Хитров // Resources and Technology. – 2020. – Т. 17, № 2. – С. 1–22.

3. Власов, Ю. Н. Экспериментальные исследования энергоемкости прессования коро-древесных отходов / Ю. Н. Власов, М. Ф. Григорьев, Д. И. Степанова, А. И. Григорьева // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2020. – № 57. – С. 25–28.

4. Гойдо, М. Е. Об использовании пневмогидравлического аккумулятора для сохранения энергии упругих деформаций при работе гидравлического пресса / М. Е. Гойдо, В. В. Бодров, Р. М. Багаутдинов // Механическое оборудование металлургических заводов. – 2022. – № 2 (19). – С. 21–26.

5. Колпаков, В. Н. Расчет и проектирование гидравлических и пневмати-ческих систем машин и оборудования: учебное пособие / В. Н. Колпаков. – Вологда : ВоГУ, 2019. – 88 с.

6. Модин, Н. А. Брикетирование измельченной древесины и древесной коры / Н. А. Модин, А. П. Ерошкин. – Москва : Лесная промышленность, 1991. – 112 с.

7. Патент № 2764536 Российская Федерация С1. Способ управления подвижной траверсой гидравлического пресса: заявка № 2021110925 : заявл. 16.04.2021: опубл. 18.01.2022 / М. Е. Гойдо, В. В. Бодров, Р. М. Багаутдинов.

8. Пылинов, И. А. Выбор средств автоматизации для системы управления вертикальным гидравлическим прессом / И. А. Пылинов, К. Е.Давыдов // Научно-инновационные исследования и разработки: новые вызовы современности : сборник статей международной научно-практической конференции. – Москва, 2024. – С. 171–178.

9. Чибирев, О. И. Анализ исследований процесса брикетирования отходов лесопереработки на гидравлическом прессовом оборудовании / О. В. Чибирев, О. А. Куницкая, А. Б. Давтян // Resources and Technology. – 2019. – № 16 (2). – С. 97–118.

10. Чибирев, О. В. Экспериментальные исследования прессования опилок древесины сосны на гидравлическом прессе / О. В. Чибирев, О. А. Куницкая, Д. А. Ильюшенко // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2016. – № 217. – С. 120–130.

V.N. Kolpakov[1], M.G. Birichevsky[2]
[1]Vologda State University,
[2]NPF Techpromservice LLC

INCREASING THE PRODUCTIVITY OF A HYDRAULIC BRIQUETTING PRESS FOR WOOD WASTE

An analysis of the existing scheme of the briquetting press and a study of the pressing process has been carried out, on the basis of which the optimal section of accelerated pressing has been determined. To implement it, a hydraulic control device was introduced into the press circuit to switch from a fast feed to a working stroke, a dynamic calculation was performed and the geometric shape and dimensions of the working element were determined. The upgrade will increase the productivity of the press.

Briquetting press, productivity, hydraulic drive, hydraulic cylinder, pressing, pressure, hydraulic control device, dynamic synthesis.