

**Секция
ЛЕСНОЙ ИНЖЕНЕРИИ,
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И ДИЗАЙНА**

АНАЛИЗ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ В МИРЕ

Основными строительными технологиями для малоэтажных домов в Северной Америке, Центральной и Северной Европе являются каркасно-панельные на основе деревянных конструкций как возводимые наиболее быстро, с наименьшими издержками при строительстве и монтаже – от 63 % от общего объема строительства в Финляндии до 95 % в США и 97 % в Канаде. Стоимость строительства 1 м² малоэтажного жилья на одну семью ниже стоимости 1 м² жилья в многоквартирных домах на 10–20 % [1]. Доля населения стран Европы, проживающего в собственных домах, представлена на диаграмме 1.

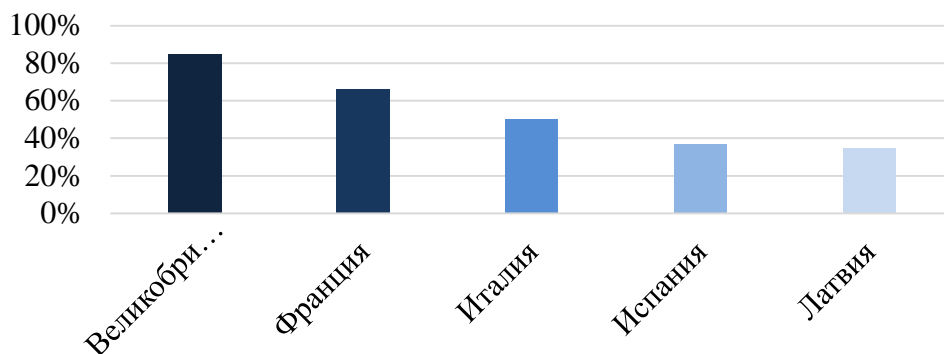


Рисунок 1 – Доля населения, проживающего в собственных домах

С принятием новых теплотехнических стандартов строить жилой дом из кирпича в ряде стран стало дорого. Альтернативным вариантом возведения малоэтажного жилья является применение каркасно-панельных технологий из деревянных конструкций, которые позволяют людям со средним доходом иметь свой собственный дом.

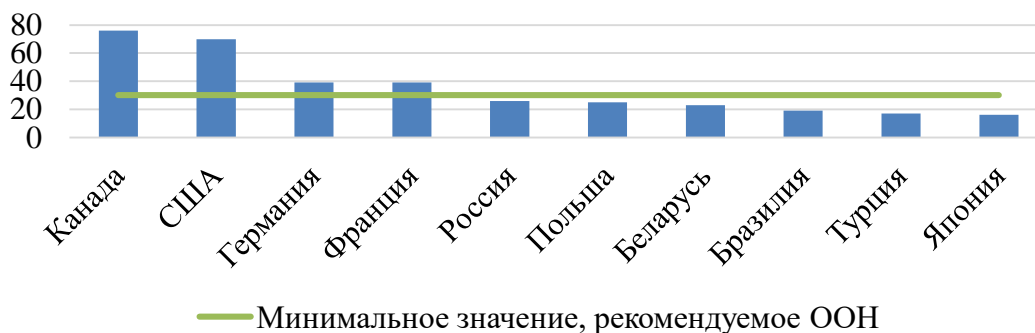


Рисунок 2 – Площадь жилья на душу населения

С развитием малоэтажного строительства отмечается тенденция увеличения площади жилья на душу населения (см. диаграмма 2).

Еще одной тенденцией является увеличение объемов возведения деревянного малоэтажного домостроения в странах Европы и Северной Америки с большими лесными массивами и запасами древесины (диаграмма 3).

При этом следует обратить внимание, что страны с минимальными объемами домостроения на основе деревянных конструкций имеют достаточно теплый климат, в то время как в северных регионах США, Финляндии и Канады преобладает климат суровый.

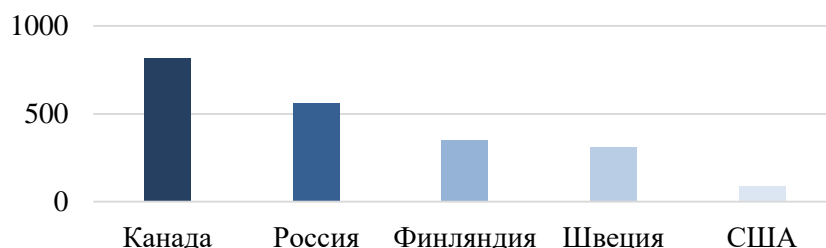


Рисунок 3 – Лесные ресурсы древесины на душу населения

В Беларуси произрастают в основном ценные породы деревьев (диаграмма 4). Учитывая, что ежегодный прирост запасов древесины достигает 27,4 млн. м³, при фактических объемах рубок леса в пределах 11-12 млн. м³, можно утверждать, что Беларусь располагает достаточно большими лесными ресурсами для создания мощной базы строительства домов на основе деревянных конструкций [3].

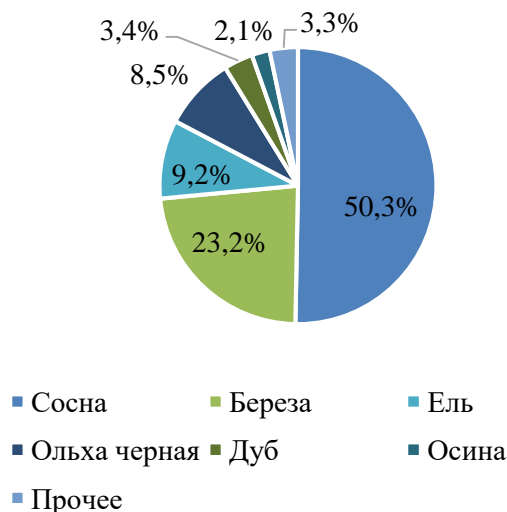


Рисунок 4 – Структура лесов Беларуси по породам деревьев

Долевое соотношение типов домостроения деревянного и каменного (ЖБК, блоки, кирпич, камень и пр.) в различных странах представлено на диаграмме 5 [3].

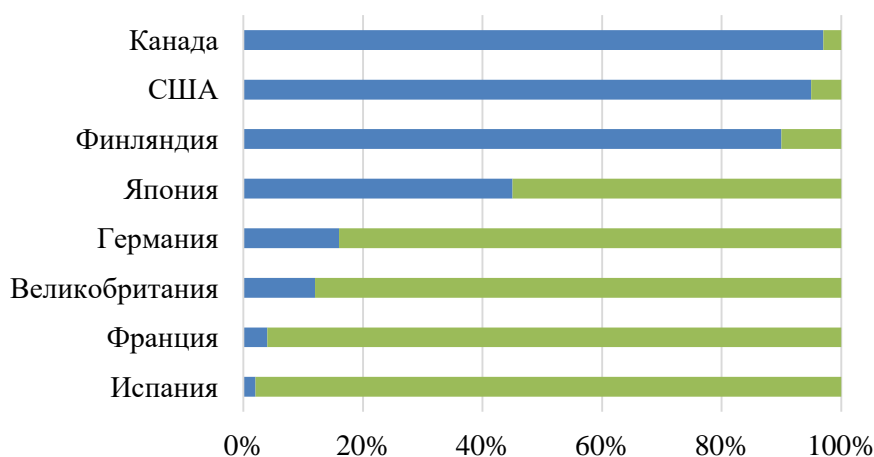


Рисунок 5 – Соотношение типов домостроения

Заключение. При строительстве и эксплуатации каркасно-панельных жилых домов из дерева обеспечивается двукратная экономия энергоресурсов.

Кроме того, такие дома являются экологически чистыми. Поэтому целесообразно принять все необходимые меры для развития в Беларуси сектора современного деревянного домостроения [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ist der konventionelle Massivbau genauso ökologisch wie der Holzbau? // SWISS KRONO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.swiss-krono.de/OekologischeHolzwerkstoffe/Elementbauweise/Bauen-mit-Holzwerkstoffen/Mauerwerk-oder-Holzbau-0628394449.html>. – Дата доступа: 21.11.2020.

2. Разновидности деревянных домов // Все о деревянных домах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bldd.ru/raznovidnosti-derevyannyh-domov>. – Дата доступа: 21.11.2020.

3. Основные направления развития малоэтажного каркасно-панельного деревянного жилья в Республике Беларусь // Белстройцентр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bsc.by/ru/story/osnovn-ye-napravleniya-po-razvitiyu-maloetazhnogo-karkasno-panelnogo-derev-yannogo-zhilya-v>. – Дата доступа: 21.11.2020.

4. Рынок деревянного домостроения: проблемы, возможности, перспективы // ЛесПромИнформ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://les-prominform.ru/jarticles.html?id=5235>. – Дата доступа: 21.11.2020.

ПОТЕНЦИАЛ РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ НА ОПЕРАЦИЯХ ВАЛКИ ДЕРЕВА ХАРВЕСТЕРОМ

Для оценки потенциала рекуперации разработана математическая модель падения дерева с учетом работы рекуперативного механизма. В качестве допущений принято, что ствол дерева представляет собой недеформируемое жесткое тело, сопротивление воздушной среды действует на крону дерева как сила, сосредоточенная в центре давления кроны и направлена перпендикулярно продольной оси ствола. Общая упрощенная схема математической модели падения дерева приведена на рисунке 1.

Дифференциальное уравнение движения дерева под действием названных сил имеет вид:

$$\ddot{\varphi} = \begin{cases} \frac{-C_w \frac{mq_y}{2q_s} \dot{\varphi}^m (d_0 H_{дс})^m \varphi^{+m} g \cdot h_c \cdot \sin(\varphi) - M_{рек}}{0,185 \cdot m_{дс} \cdot h_c^2}, & 0 < \varphi \leq \frac{\pi}{2} \\ 0, & \text{если } \frac{\pi}{2} < \varphi \end{cases}$$

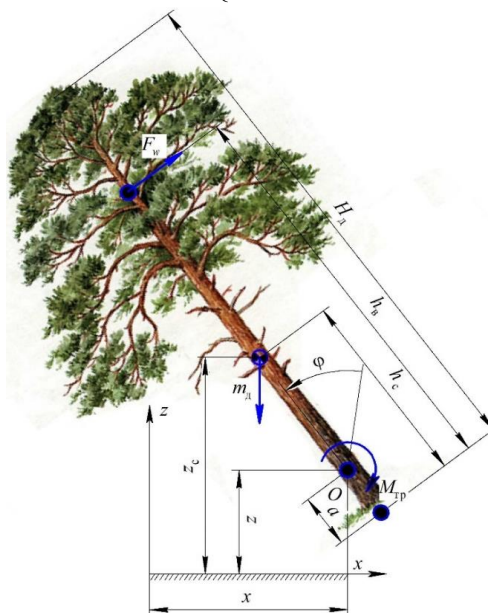


Рисунок 1 – Расчетная схема падения дерева при валке харвестером

Моделирование падения дерева в поле сил тяжести, при действии силы сопротивления воздушной среды и момента рекуперативного устройства проводилось в программном пакете MathCad 14. В качестве начальных условий принято отклонение продольной оси дерева от вертикали на угол $\varphi = 0,1^\circ$ и отсутствие начальной угловой скорости его движения.

Организация процесса рекуперации на операции валки дерева возможна на основе использования механизмов вращательного или поступательного действия. В случае рекуперации в электрическую энергию – это генераторы, а для гидравлической энергии можно использовать существующие

гидроцилиндры подъема-опускания харвестерной головки с переводом их работы при сжатии в контур гидравлического рекуператора. При этом для процесса рекуперации важна не только конечная величина вырабатываемой энергии, но и потенциально возможная продолжительность ее накопления. Организация процесса рекуперации на операции валки дерева возможна на основе использования механизмов вращательного или поступательного действия. В случае рекуперации в электрическую энергию – это генераторы, а для гидравлической энергии можно использовать существующие гидроцилиндры подъема-опускания харвестерной головки с переводом их работы при сжатии в контур гидравлического рекуператора. При этом для процесса рекуперации важна не только конечная величина вырабатываемой энергии, но и потенциально возможная продолжительность ее накопления.

Поскольку рекуперативный момент $M_{рек}$ является моментом сопротивления падению дерева, то чрезмерное повышение его величин и раннее возникновение может привести к полной остановке процесса валки. Это должно учитываться при разработке подобных систем. В этой связи анализ процесса валки дерева с рекуперированием его кинетической энергии проведен для моментов начала рекуперации соответствующих углам поворота $\varphi_{н.рек} = \pi/32$ (рис. 2), $\pi/16$, $\pi/8$ и $\pi/4$.

Сравнительная характеристика процессов падения дерева с различными моментами рекуперации (3,5 – 7,5 кН·м) показывает (рис. 2 а), что при начале процесса рекуперации, соответствующем углу поворота харвестерной головки $\varphi_{н.рек} = \pi/32$ максимально возможная величина рекуперированной энергии составляет не более $E_{рек} = 9,1$ кДж.

В этом случае момент рекуперации достигает величины 7,5 кН·м, а продолжительность падения дерева увеличивается с 4,5 до 9,7 с. Такое увеличение времени выполнения операции валки не приемлемо для интенсивной и производительной работы харвестера. При $M_{рек} = 7,5$ кН·м величина рекуперированной энергии составляет около 15 % кинетической энергии дерева, а большее увеличение $M_{рек}$ приводит к прекращению процесса падения дерева.

В процессе моделирования установлено, что прирост продолжительности падения дерева не пропорционален приросту рекуперированной энергии. Так, при $M_{рек} = 6,5$ кН·м рекуперированной энергии до $E_{рек} = 7,88$ кДж энергии при продолжительности валки $t_{в} = 6,9$ с, а при $M_{рек} = 5500$ Н·м – $E_{рек} = 6,67$ кДж и $t_{в} = 6,1$ с.

Поскольку в начальный момент времени дерево не обладает достаточной кинетической энергией, даже относительно небольшой момент рекуперации действует как стабилизирующий и препятствует падению дерева. Поэтому была сформулирована гипотеза, что более

позднее начало процесса рекуперации может позволить рекуперировать больше энергии и при этом не значительно увеличивая время падения дерева. Действительно при $\varphi_{н.рек} = \pi/16$ (рис. 2 б) возможно существенно увеличить реализуемый момент $M_{рек}$ до 27 кН·м без остановки падения дерева и соответственно увеличить энергию $E_{рек}$ до 30,77 кДж. При $M_{рек}=20,5$ кН·м энергия $E_{рек}$ составляет 23,38 кДж, а $t_{в} = 6,1$ с. Т.е. смещение начала рекуперации всего с $17,7^\circ$ до $35,4^\circ$ позволяет увеличить величину рекуперированной энергии более чем в 3 раза при сопоставимой продолжительности процесса валки.

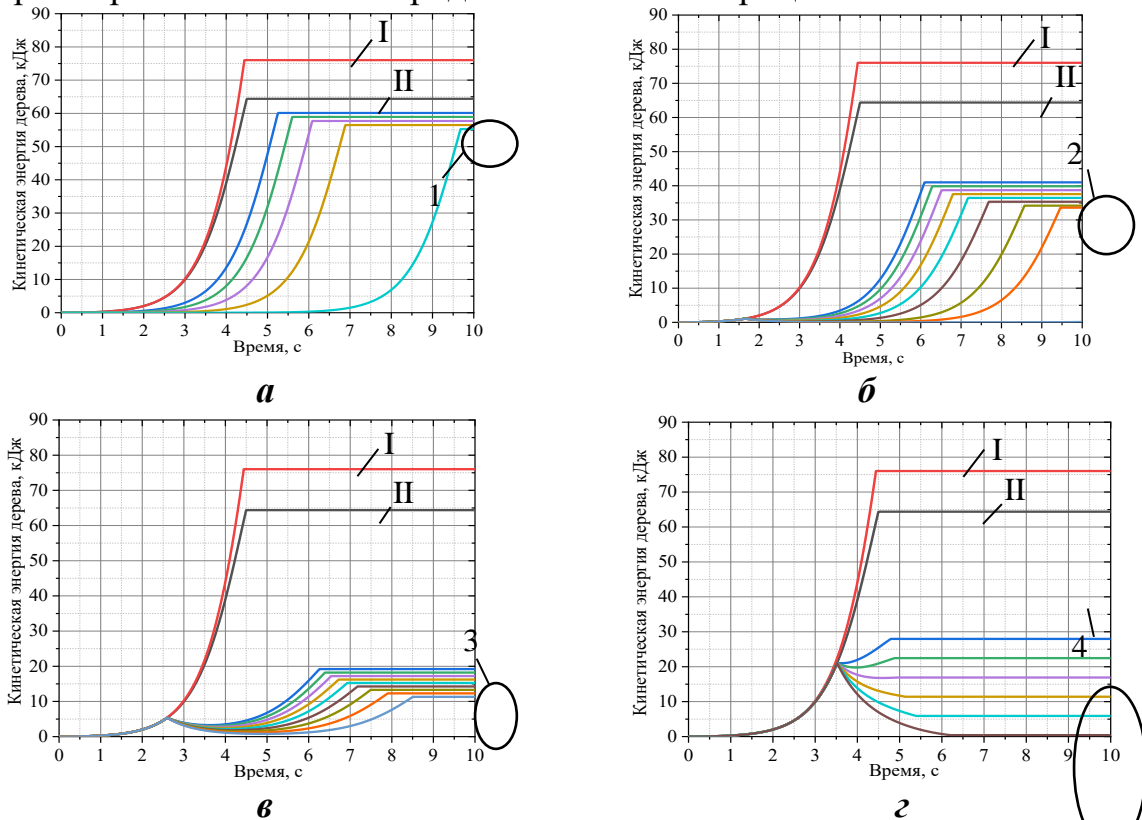


Рисунок 2 – Рекуперативный потенциал $E_{рек}$ энергии падения дерева для различных углов начала рекуперации $\varphi_{н.рек}$:

a – $\varphi_{н.рек} = \pi/32$; *б* – $\varphi_{н.рек} = \pi/16$; *в* – $\varphi_{н.рек} = \pi/8$; *г* – $\varphi_{н.рек} = \pi/4$ и для различных моментов рекуперации $M_{рек}$ равных: 1 – 3,5 – 7,5 кН·м (с шагом 1 кН·м); 2 – 20,5 – 27,3 кН·м (с шагом 1 кН·м); 45,5 – 53,5 кН·м (с шагом 1 кН·м); 4 – 52,5 – 92,5 кН (с шагом 8 кН·м), I – кинетическая энергия падения дерева без учета сил сопротивления воздушной среды; II – кинетическая энергия падения дерева с учетом сил сопротивления воздушной среды.

Смещение начала процесса рекуперации в $\varphi_{н.рек} = \pi/8$ (рис. 2 в) позволяет реализовывать рекуперативные моменты вплоть до $M_{рек} = 53,5$ кН·м и рекуперировать до 82,5% энергии падения дерева.

Характерным является процесс с $\varphi_{н.рек} = \pi/4$ (рис. 2 г). К моменту начала рекуперации дерево обладает начальной кинетической энергией в 21 кДж. Позднее начало рекуперации позволяет восстановить до 98 % потенциальной энергии дерева (около 64 кДж) при продолжи-

тельности валки не более 6,2 с. Особенностью данного процесса является постепенное уменьшение энергии падения дерева от момента начала рекуперации. К моменту касания дерева горизонтальной поверхности земли его кинетическая энергия составляет всего 413 Дж. Поэтому косвенным положительным эффектом процесса рекуперации следует считать возможность плавного демпфирования падения дерева, что позволяет снизить нагрузки, действующие на рабочие органы харвестера. Замедленное движение дерева на участке от начала рекуперации до контакта с поверхностью также приводит к более низкой силе сопротивления воздушной среды, т.к. она пропорциональна скорости движения. Это позволяет дополнительно рекуперировать до 10 кДж энергии за счет уменьшения ее рассеивания силами сопротивления воздушной среды.

Стоит отметить, что для достижения такой эффективности торможения требуется реализация весьма значительных рекуперативных моментов. Вопросы создания механизмов, способных их обеспечить должны быть изучены дополнительно как это сделано для устройств рекуперации в иных областях [17]. При этом достигаемый эффект должен быть проанализирован в полном цикле работы машины [18, 19], с учетом работы иных систем, повышающих эффективность харвестера [20]. Сама же рекуперированная энергия может быть накоплена в пневмогидравлическом аккумуляторе мембранного типа либо, в перспективе, по средством системы суперконденсаторов. Производство гидроаккумуляторов налажено ведущими мировыми производителями в данной области (Bosch, Parker, EST, Eaton, Hydac). Данные гидравлические аккумуляторы имеют рабочее давление до 40 МПа, обеспечивают высокую «плотность» накопленной энергии (до 195 кДж/л) и производятся с объемом до 50 л, что способно полностью обеспечить потребности в накоплении рекуперированной энергии. Масса таких гидравлических аккумуляторов варьируется в широком диапазоне от 45 кг для 9 литрового баллона до 167 кг для 48 литрового. Область использования полученной при рекуперации энергии в приводах харвестеров достаточно широка. Среди наиболее перспективных – компенсация запаздывания процесса регулирования гидронасосов во время начала работы нескольких объемных гидравлических потребителей; привод малообъемных потребителей (пильные механизмы, ротаторы, поворотные устройства манипуляторов и т.д.), питание дополнительного оборудования (освещение, кондиционирование и т.п.) после преобразования в электрическую энергию.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ МИНИ ТРАКТОРОВ С ДВС И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

Мини техника применяется преимущественно в животноводческих и тепличных хозяйствах. Более новая модель ХТЗ-3512 Edison имеет электродвигатель 35 л.с (25,7 кВт) с питанием от литий-ионной батареи емкостью 42 кВт·ч. Автономность силовой работы составляет 4 часа. Он позволяет транспортировать груз весом до двух тонн, развивая скорость до 40 км/ч.

Для объективности сравнения были взяты две одноклассовые модели одного и того же производителя. Первый – легкий трактор с дизельным двигателем, а второй — то же шасси, но с электромотором. Выведем основные характеристики обеих моделей в таблицу 1.

Таблица 1. – Технические характеристики ХТЗ-3512 Edison и ХТЗ-3512

Технические характеристики	ХТЗ-3511	ХТЗ-3512 Edison
Тип двигателя	MMZ-3LD. 4-тактный дизельный с воздушным охлаждением	Nissan Motors. Асинхронный трехфазный электродвигатель с воздушным охлаждением
Стоимость, руб.	32 379,8	39 589,5
Мощность	35 л.с. (25,7 кВт)	35 л.с. (25,7 кВт)
Тяговое усилие	800 Кн	800 кН
Максимальная скорость	30 км/ч	40 км/ч
Конструкционная масса (без топлива/аккумуляторов)	2280 кг	2250 кг
Тяговая сила	до 2 тонн	до 2 тонн
Емкость топливного бака/батарей	50 л	Три 42-киловаттные литий-ионные батареи с напряжением 400В
Автономность эксплуатации без тяговой нагрузки	10 часов	8 часов
Автономность в силовых работах	7 часов	4 часа

Исходя из таблицы, тяговые и силовые характеристики равные у обеих моделей, за исключением того, что ХТЗ-3512 Edison быстрее за дизельную версию. Но, автономность в силовых работах у него меньше почти в два раза. К тому же скорость полной зарядки аккумуля-

ляторов составляет от 2 до 4 часов. В то время, когда дизельный ХТЗ требует проведения подготовительно-заключительных работ продолжительностью 10-15 минут.

При проведении расчетов экономических затрат при различных силовых нагрузках были приняты следующие значения:

C_t – стоимость топлива, 1,89 руб/л или 2,3 руб/кг;

K – коэффициент, учитывающий затраты на доставку топлива, 1.1.

D_p – число рабочих дней в году, $D_p = 256$ дней,

C_r – стоимость электроэнергии, 0,12 руб/кВт·ч.

Так же было принято, что электротрактор будет подзаряжаться в течении одного часа во время обеденного перерыва, на быстрой зарядке ~380В, чего будет достаточно для проведения силовых работ на протяжении 4 часов, для этого в питомниках есть щитовые, с возможностью установить дополнительных каналов для подзарядки электротрактора. После завершения рабочего дня оператор будет ставить электротрактор на стационарную зарядку ~220В.

Таблица 2. – Экономические характеристики ХТЗ-3512 Edison и ХТЗ-3512

	Затраты при максимальных силовых нагрузках		Затраты при минимальных силовых нагрузках	
Годовые затраты на топливо (с учетом смазочного материала) / энергию, руб./год.	37769,5	6194,15	17101,9	2362
Годовые затраты на топливо (без учета смазочного материала) / энергию	32785	6193,15	15142	2361
Затраты на топливо / электроэнергию за смену	116,424	24,192	59,14	9,2
Затраты на смазочный материал, руб./год	4984,5	1	1959,9	1
Отношение затрат в год электротрактора и трактора с ДВС	6,09		7,2	
Отношение затрат в смену электротрактора и трактора с ДВС	4,8		6,4	

В соответствии с проведенными расчетами установлено, что электротрактор более надежный за счет отсутствия быстро ломающихся деталей, более комфортен из-за отсутствия шума и вибрации, так же имеет меньшие эксплуатационные затраты. Недостатком считается наличие дорогой батареи, которая делается из дорогого и редкого металла литья, сложность организации технологии использования мини тракторов из-за постоянной потребности в подзарядке.

Студ. Д.А. Голубев,
студ. А.А.Беляков,
вып. В.В. Василеня,
вып. Н.И. Босько

Науч. рук. доц. С.Е. Арико (кафедра лесных машин, дорог
и технологий лесопромышленного производства, БГТУ)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМЫ В АВТОТРАНСПОРТЕ

Большинство автомобильной и тракторной техники оснащены двигателями внутреннего сгорания, что в свою очередь неразрывно связано с вредными выбросами в окружающую среду и атмосферу.

Для ограничения выбросов были введены экологические нормы, которые регламентируют максимально допустимые значения вредных веществ в отработавших газах, и направлены на снижение воздействия автотранспорта на окружающую среду. В первую очередь нормы регламентируются стандартом Евро.

Экологами был проведен анализ и выделены наиболее токсичные вещества в отработавших газах ими являются: оксиды азота (NO_2 и NO); углеводороды (CH); диоксид серы (SO_2); оксиды углерода (CO); частицы сажи (C).

Стандарты Евро начали применяться с 1992 года с введением стандарта Евро 1, который в свою очередь заменил стандарт Евро 0 примененный в 1988 году.

Предпосылками являлись исследования, которые показывали повышенное загрязнение окружающей среды. Введенные ограничения регулируют выбросы следующих веществ: Оксиды углерода (CO), углеводороды (CH), оксиды азота (NO_2 и NO), частицы сажи.

Также следует отметить что нормы касались не только автопроизводителей но и производителей топлива, ведь без топлива надлежащего качества невозможно представить правильно работающие системы снижающие вредные выбросы.

Так, в 2011 году, был принят и утвержден решением комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 г. № 826 Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту», который вступил в силу 31 декабря 2012 года.

Документом вводятся экологические классы, определяющие требования безопасности, и устанавливаются сроки обращения на территории стран Таможенного союза – Беларуси, Казахстана и

России – моторного топлива в зависимости от его экологического класса.

В частности, именно в соответствии с указанным нормативным документом в обращении на территории Республики Беларусь с 1 января 2015 года может находиться только дизельное топливо класса К5.

Дизельным топливом класса К5 с 2015 года будет обеспечиваться не только розничная торговля на АЗС, но и все оптовые потребители, включая сельское хозяйство, железнодорожный транспорт и т.д.

В сравнении с более низким классом К4 в ДТ-К5 ужесточены нормативные параметры по содержанию серы (в объеме, не превышающем 10 миллиграммов на 1 килограмм, или 0,001 % масс.) и полициклических ароматических углеводородов (не более 8 % масс.). Сравнение двух классов представлено на таблице.

Таблица 1 – Экологические нормы

Характеристика дизельного топлива	Единица измерения	Нормы в отношении экологического класса	
		К4	К5
Массовая доля серы, не более	мг/кг	50	10
Массовая доля полициклических ароматических углеводородов, не более	%	11	8

В 2018 году вышел указ, в котором сказано, что с 1 января 2018 года все типы автомобилей, включая грузовой и пассажирский автотранспорт, производимые или импортируемые в страны Евразийского экономического союза (ЕАЭС), будут соответствовать пятому экологическому классу (аналог «Евро-5») для европейских государств.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 52160-2003. Автотранспортные средства, оснащённые двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния.

2.Одинокова И.В. Метод определения экологической эффективности наземных транспортных средств // Строительные и дорожные машины. – 2016.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИВОДА МЕХАНИЗМА РЕЗАНИЯ КРУГЛОПИЛЬНЫХ СТАНКОВ

Привод механизма резания круглопильных деревообрабатывающих станков в большинстве случаев производится непосредственно от электродвигателя или через промежуточную передачу, либо муфту, которые имеют определенные недостатки. В роли промежуточных передач чаще всего выступает плоско- или клиноременная передача. Минусом данных передач являются невозможность поддержания постоянного передаточного числа ввиду проскальзывания ремня, высокие нагрузки на опоры и валы, а также низкая долговечность ремней. К недостаткам конструкции крепления пилы можно отнести ограничение по высоте распиливаемой заготовки из-за наличия планшайбы, с помощью которой инструмент крепится к валу. Предлагается ряд альтернативных технических решений привода резания круглопильных станков. Некоторые из них уже нашли применение в деревообрабатывающей промышленности.

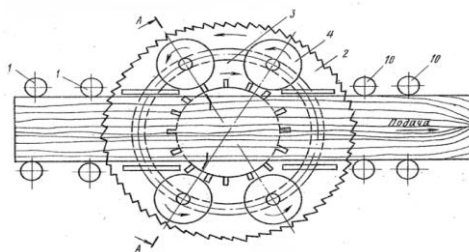
Например, одним из таких вариантов является применение «плавающих пил»[1]. Пример плавающих пил представлен на рис. 1.



Рисунок 1 – Плавающие пилы

Данное решение в основном применяется на многопильных круглопильных станках, например, Ц8Д-8, круглопильный шести-пильный станок «Бурсус» и многие другие. Пиление плавающими пилами позволяет увеличить скорость подачи, уменьшить толщину пилы и в несколько раз повысить ее стойкость. Суть этого принципа в том, что пилы не зажаты фланцами на валу, а просто надеты на вал со шпонкой или же при помощи шлицевого соединения. От бокового смещения пилы удерживаются направляющими в зоне резания. Толщина направляющей определяет толщину доски. Кроме настройки на размер и удержания пильных дисков, узел направляющих выполняет еще одну важнейшую функцию – подачу под давлением водовоздушной смеси. Таким образом, создается зазор 0,1-0,2 мм между

полотном пилы и направляющей – пила как бы плавает в водо-воздушной смеси. Такая конструкция исключает боковые нагрузки на пилы и позволяет сделать тело пилы тоньше, поскольку оно нужно только для передачи крутящего момента от вала к зубьям. Кроме того, водо-воздушная смесь охлаждает пилы, увеличивая их стойкость, и предотвращает налипание смол. Круглопильные станки с плавающим пильным узлом обеспечивают шероховатость поверхности пропила порядка 200-400 мкм и точность геометрических размеров получаемых пиломатериалов пределах 0,5 мм на 6 метров. Безусловным достоинством пиления плавающими пилами является охлаждение и смачивание пилы в процессе работы, что предотвращает налипание смол. Это особенно важно при пилении смолистых пород деревьев, таких как лиственница и т.п. В попытках уменьшить толщину пропила и отходы древесины в опилки, был предложен привод фрикционной пилы. Данное решение позволяет не закреплять пилу планшайбой, что позволяет увеличить высоту пропила не изменяя диаметр пилы, соответственно не изменится и толщина пильного диска. Кольцевая пила с фрикционным приводом представлена на рис. 2.

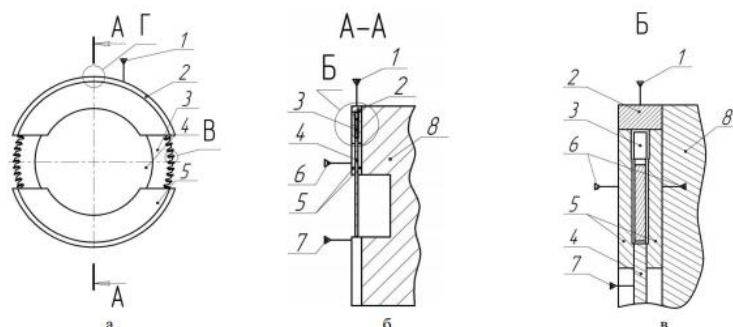


1 - подающий механизм, 2 - кольцевая пила, 3 - кольцевые фрезы,
4 - шайбы, 10 - приёмный механизм

Рисунок 2 – Кольцевая пила с фрикционным приводом

Внутри кольцевой пилы в плоскости пропила расположена кольцевая фреза с зубьями по ее внутреннему диаметру и с приводным фрикционным венцом по внешнему диаметру, причем фрикционный венец в сечении имеет форму трапеции и своими боковыми поверхностями контактирует с подпружиненными шайбами. Одним из наиболее оптимальных и инновационных решений считают использование пил с пневмоприводом. Данное решение позволяет полностью убрать механический привод пилы, так как регулирующим и стабилизирующим органом является воздух. В качестве режущего инструмента используется кольцевая пила, представляющая собой зубчатый венец круглой пилы. Последний установлен на опоре, с подачей обрабатываемого материала через центральную часть пилы, что позволяет по сравнению с обычными круглыми пилами выполнять на станках обработку сортиментов больших размеров. На

рисунке 3 представлена принципиальная схема кольцевой пневмоуправляемой пилы. Энергоноситель, взаимодействуя с пильным диском, позволяет снизить температурный перепад по радиусу диска, а, следовательно, уменьшить его толщину и повысить выход готовой продукции. Данный вид пил широко используется в пилах для резки бетона и металлического профиля, но при грамотном подходе к реализации такого технического решения в будущем в деревообработке пневмоуправляемые пилы смогут занять свое место.



1,6,7 – подводящий воздуховод; 2 – воздуховод с соплами; 3 – кольцевая пила; 4 – опорный диск; 5 – боковые направляющие пилы; 8 – станина

Рис. 3 – Принципиальная схема кольцевой пневмоуправляемой пилы

Предложенные конструкции механизмов резания круглопильных станков позволят уменьшить отходы древесины в опилки, увеличить высоту распиливаемых заготовок не изменяя диаметр пилы, а также увеличить устойчивость круглых пил при работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент 2536637, Российская Федерация, МПК В 27 В 5/14. Круглопильный станок [текст] / Дербин М. В., Дербин В. М. – № 2013127872/13; заявл. 18.06.2013; опубл. 27.12.2014.
2. Патент 2471272, Российская Федерация, МПК В 27 В 5/00. Круглопильный станок [текст]/ Трухин Э.В., Яунсилс У.Э. – № 2471272/29-15, заявл. 01.01.1977; опубл. 15.06.1980.
3. Лесопиление на агрегатном оборудовании / Е. М. Боровиков, Л. А. Фефилов, В. В. Шестаков. - М. : Лесн. пром-сть, 1985. - 216 с. : ил.; 22 см.; ISBN
4. Патент 2572209, Российская Федерация, МПК В27В 5/00. Пневмоуправляемая пила [Текст] / Дербин М.В., Лычаков А.И., Дербин В. М.- № 2014125391/13; заявл. 23.06.2014; опубл. 27.12.2015, Бюл. № 36.
5. Прокофьев, Г. Ф. Применение аэростатических опор при совершенствовании лесопильных станков [Текст] / Г. Ф. Прокофьев, М. В. Дербин, А. М. Тюрин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – № 4. – С 1003-1009.

Студ. А.Н. Маковик
 Науч. рук. доц. А.А. Гришкевич
 (кафедра деревообрабатывающих станков и инструментов, БГТУ)

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПИЛЕНИЯ РАМНЫМИ ПИЛАМИ ЗА СЧЕТ УЗЛА С ПОДРЕЗНЫМИ ИНСТРУМЕНТАМ

Рамное пиление – один из самых распространенных видов механической обработки древесины. Процесс рамного пиления осуществляется за счет возвратно-поступательного движения установленных в пильной рамке полотен пил при продольной подаче бревна. В процессе рамного пиления на зубья пилы действуют как касательные составляющие силы резания, так и боковые. В связи с этим, при отсутствии стабильной подачи и высокой анизотропностью древесины, при больших скоростях движения распиливаемого материала, боковые силы, действующие на зубчатый венец пилы, могут быть значительны по величине. Это вызывает повышенный износ направляющих и вынуждает применять пилы большой толщины.

Задачей, на которой направлено инновационное решение, является повышение точности распиловки, уменьшение сопротивления перемещению распиливаемого материала и предотвращение образования сколов (мшистости) на нижних кромках пиломатериалов. Эти мероприятия, в конечном итоге, улучшат качество получаемых пиломатериалов и уменьшат нагрузки. Дефекты, которые возникают из-за не точности распиловки, показаны на рисунках 1, 2.



**Рисунок 1 – Мшистость поверхности
 древесины**



**Рисунок 2 – Риски на поверхности
 древесины**

Улучшение качества поверхности достигается тем, что впереди пил рамных установлен узел резания с числом «плавающих» дисковых фрез, равных числу рамных пил. Направляющие (2) для рамных пил (1) служат одновременно направляющими (2) для дисковых фрез, прокладки (3) передних по направлению подачи нижних направляющих выполнены прямоугольного сечения и выступают над направляющими, причем ширина выступающей части прокладок равна ширине пропила от дисковых фрез и рамных пил.

На рисунке 3 изображена предлагаемая конструкция узла резания.

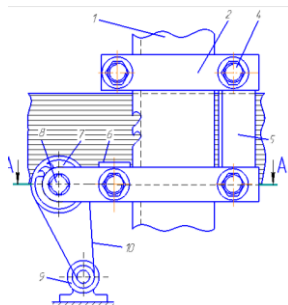


Рисунок 3 – Узел резания

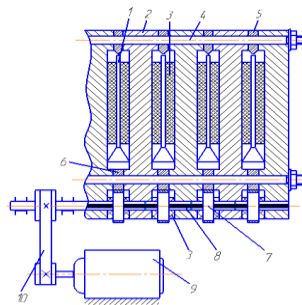


Рисунок 4 – Узел резания
(по сечению А-А рис.3.)

Узел резания лесопильной рамы включает: рамные пилы 1; направляющие для рамных пил и дисковых фрез 2 с антифрикционными накладками 3; стягивающие винты 4; направляющие ножи 5; передние по направлению подачи прокладки 6 нижних направляющих, выступающие над поверхностью направляющих; «плавающие» дисковые фрезы 7; шлицевой пильный вал 8, приводимый во вращение от электродвигателя 9 через ременную передачу 10.

Устройство работает следующим образом. При подаче распиливаемого бруса, дисковые фрезы 7 в нижней его части выпиливают прямоугольные канавки. При дальнейшем движении бруса в его канавки входят выступающие над нижними направляющими прямоугольные элементы прокладок 6. Затем происходит распиловка бруса на доски поставом рамных пил. Так как дисковые фрезы 7, прокладки 6 и рамные пилы 1 имеют общие базы, которыми являются направляющие 2, то оси фрез 7, прокладок 6 и пил 1 параллельны. Выступающие части прокладок 6 имеют большую жесткость и воспринимают боковые усилия, возникающие в процессе пиления, разгружая пилы 1 и направляющие 2. Наличие канавок в нижней части бруса предотвращает образование сколов (мшистости) на нижних кромках досок.

Применение предлагаемого устройства позволит повысить качество пиломатериалов и предотвратить образование сколов на нижних кромках пиломатериалов.

Выводы. Наличие канавок в нижней части бруса предотвращает образование сколов (мшистости) на нижних кромках досок. Применение предлагаемого устройства позволит улучшить качество пиломатериалов и предотвратить образование сколов на нижних кромках пиломатериалов.

Так же направляющие влияют на повышение точности распиловки, но несколько увеличивают сопротивление перемещению распиливаемого материала.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПОЖАРА И ВЗРЫВА В СИСТЕМАХ АСПИРАЦИИ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ BGI 739-2

Был проведён перевод и анализ немецкого нормативно-технического документа BGI 739-2 [1] BG-Information, содержащего информацию по охране труда и безопасности при сборе, получении, перемещении и хранении древесной пыли. Осуществлен анализ этого документа ФРГ и сравнение с действующим в Республике Беларусь ТКП 510-2014 Системы пневмотранспорта и аспирации в деревообрабатывающем производстве, включая производство древесных топливных гранул (пеллет) и древесных брикетов [2], в разработке которого ответственным исполнителем выступала кафедра технологии и дизайна изделий из древесины, БГТУ.

Защита от взрывов и пожаров является важной частью деревообрабатывающей промышленности. На сегодняшний день этой проблеме уделяется слишком мало внимания, несмотря на то, что за прошлое десятилетие произошло множество крупных пожаров и взрывов на предприятиях, из-за неисправности аспирационной системы.

В документе BG (BGI) приведены наиболее важные требования к пожаро- и взрывобезопасности систем фильтрации и силосов (бункеров) для древесной пыли, стружки и щепы, начиная от всасывающей линии подключенных машин до подачи материала в систему накопления и возможного возгорания.

На данный момент в Республике Беларусь документы, регулирующие безопасную эксплуатацию аспирационных установок, представлены ТКП 510-2014 и Межотраслевыми правилами по охране труда в лесной, деревообрабатывающей промышленности и в лесном хозяйстве [3]. Анализ и сравнение трех нормативных документов показал, что основные положения мер безопасности, представленные в ТКП 510-2014 не сильно отличаются от мер, представленных в BGI 739-2.

Однако, в отличие от ТКП 510-2014, в BGI 739-2 присутствует более подробное регулирование мер безопасности (например, расчёт количества форсунок и их размещение для тушения пожара в силосах). А также иллюстрационный материал, схемы и примеры с подробными описаниями требований. В BGI 739-2 представлены результаты исследований о пожарах и взрывах на деревообрабатывающих

предприятиях, на котором и основаны эти технические требования. В ТКП 510-2014 некоторые меры безопасности представлены общими требованиями, в свою очередь в BGI 739-2 весь документ составлен только для аспирационных систем деревообрабатывающей промышленности и не рассматривает особенности систем пневмотранспорта.

Несмотря на то, что документ BGI 739-2, разработанный в ФРГ, не распространяется на наши производства, он имеет определенную актуальность, так как в нём присутствует полезная информация о безопасности, поэтому в будущих дополнениях или переработках отечественных ТКП и других ТНПА следует учитывать опыт немецких коллег.

ЛИТЕРАТУРА

1. BGI 739-2. BG-Information. Absauganlagen und Silos für Holzstaub und –Späne. Brand und Explosionsschutz. (ред. 07.2012). Древесная пыль. Охрана труда и безопасность при сборе, получении и хранении.

2. ТКП 510-2014 Системы пневмотранспорта и аспирации в деревообрабатывающем производстве, включая производство древесных топливных гранул (пеллет) и древесных брикетов

3. Постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 30.12.2008 N 211/39; Об утверждении Межотраслевых правил по охране труда в лесной, деревообрабатывающей промышленности и в лесном хозяйстве.

УДК 004.946:674

Маг. В.О. Куневич

Науч. рук. зав. каф. А.С. Чуйков

(кафедра технологии и дизайна изделий из древесины, БГТУ)

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ МЕБЕЛИ

Виртуальная реальность – это созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его ощущения. Находясь в очках виртуальной реальности, мы не смотрим на изображение, а фактически находимся внутри него, то есть создается так называемый эффект присутствия внутри виртуальной среды, в искусственном мире. Во время взаимодействия с компьютером, всю информацию человек воспринимает через рамку экрана. Но находясь в очках виртуальной реальности, мы не смотрим на изображение, а, фактически, находимся внутри него. То есть, создается так называемый эффект присут-

ствия внутри виртуальной среды, или иммерсивность. Погружение человека в виртуальную реальность достигается благодаря иному подходу к системам ввода и вывода информации, это сами очки, контроллеры и т.д. Теперь тело человека является частью системы взаимодействия, оно учитывается при управлении виртуальной средой (жесты рук, наклоны головы, повороты тела и т.д.). Это раскрывает возможности оборудования, формирует более глубокий уровень погружения. Виртуальная реальность на сегодняшний день уже получила широкое применение во многих областях жизнедеятельности человека, это дизайн и архитектура, игровая индустрия, образование, маркетинг, медицина и промышленность. Промышленность это крупный, серьезный и достаточно традиционный рынок, но и тут крупные компании начинают внедрять различные решения, тренажеры, программы обучения. Одним из вариантов применения виртуальной реальности является обучение сотрудников пониманию, визуализации процессов работы сложного оборудования, и взаимодействию с ним. Точно так же для технического персонала важно представлять правильность операций, которые они должны проводить на объекте в различных аварийных ситуациях. Для упрощения данных задач можно проводить симуляцию, которая представляет собой подобную копию промышленного объекта (подстанция, цех, участок цеха, завод и т.д.), под условия которого создается набор сценариев. Такие сценарии могут включать в себя отработку всех необходимых действий для ликвидации аварии, для внедрения решений по автоматизации производства.

Для успешной реализации запланированного проекта, необходимо соблюдать ряд правил и последовательность действий. Основные этапы, которые могут варьироваться в зависимости от целей применения конечного продукта, можно выделить следующие:

1. Концепция приложения. Должна включать в себя наработку информационной базы, сбор аналитики, составление ментальной карты проекта, создание *time schedule* (плана) проекта, написание технического задания для каждой рабочей группы.

2. Создание 3D моделей. В первую очередь требования к 3D моделям формируется в техническом задании, в зависимости от того, на какой платформе будет использоваться проект. При этом главным условием при 3D моделировании является оптимизация. На сегодняшний день на рынке представлено большое количество программных решений для качественной реализации задач моделирования. Из самых крупных можно выделить: 3D Max, Blender, Maya, Cinema 4D и др. Современные программы позволяют легко и быстро обмениваться

с другими приложениями для моделирования или разработки готовыми объектами.

3. Анимация и свет. Существуют разные стратегии реализации света. Применяя один или другой варианты световых решений, может меняться итоговый продукт. Поэтому этап настройки света играет ключевую роль в том, как в итоге будет выглядеть ваш проект.

4. Программирование. Для любого интерактивного проекта в виртуальной реальности, написание кода является основополагающей составляющей, так как практически все процессы реализуются благодаря коду. Выбор языка программирования зависит от специфики проекта, поставленных целей и задач. Самыми популярными среди разработчиков приложений для VR на сегодняшний день считаются следующие: C++, C#. Как правило для программирования используют Visual Studio. На сегодняшний момент, на рынке представлены два крупных программных решения для реализации разработки приложений для VR – Unreal Engine и Unity.

5. Звуковые эффекты. Данный этап является не основополагающим в создании приложений, однако играет ключевую роль для достижения глубокого уровня иммерсивности.

6. Тестирование. В рамках тестирования продукции необходимо исследовать соответствие приложения требованиям заказчика, работоспособность механик приложения, недочеты в визуальном дизайне, соблюдение технических требований платформ.

7. Реализация. После того, как проект был создан и протестирован, необходимо собрать и упаковать под требуемую платформу, произвести установку и передать файлы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российская Газета. Покупатель хочет увидеть [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rg.ru/2019/03/31/gde-mozhno-primeniat-tehnologii-virtualnoj-realnosti.html#:~:text=Сфера%20применения%20технологий%20виртуальной%20реальности,%2С%20моделирования%2С%20автомобилестроения%2С%20медицины.> – Дата доступа: 03.02.2021.

2. Чуйков, А.С. Моделирование объектов дизайна: лаб. практикум для студентов / А.С. Чуйков. – Минск: БГТУ, 2019. – 94 с.

3. Чуйков, А. С., Игнатович Л. В. Особенности проектирования трехмерных моделей и конструкций декоративных элементов мебели и их изготовления // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 1 (240). С. 156–161.

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ ПЛИТ С НАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ КОРЫ ХВОЙНЫХ ДЕРЕВЬЕВ

Древесное сырье требует комплексной углубленной переработки, а кора до сего момента считается небалансовым отходом обработки древесины, маловостребована и в большинстве случаев свозится на захоронение. При разложении коры в почве, поглощается азот и увеличивается ее кислотность, что при больших скоплениях этого отхода неблагоприятно сказывается на экологии в местах захоронения и прилегающих территориях.

Целью работы стала оценка влияния уплотняющих и вспенивающих добавок на тепловые свойства готовых плит из коры на минеральных вяжущих.

Задачами исследования стали:

- измерение тепловых свойств плит, полученных из смеси хвойной коры деревьев с гипсом или цементом;
- влияние добавки пеногасителя Sofexil на уменьшение пористости материалов и теплопроводности плит;
- влияние добавки в гипсо-корьевую смесь вспенивающего агента в виде лигносодержащего вещества.

Для получения композитных плит была взята измельченная кора хвойных деревьев и выделена фракция с размером частиц от 2 до 5 мм. Кора с гипсом или с цементом смешивались в сухом соотношении 60/40 % по объему соответственно.

Также были получены образцы плит с технологической стружкой из хвойных пород, имеющей размеры частиц 1–2 мм. Как и с корой соотношение вяжущего поддерживалось в фиксированной пропорции.

В проведенном исследовании были получены результаты:

1. Пеногаситель не сильно уменьшает пористость плит. Композиции гипса со стружкой при добавлении пеногасителя уплотняются в более значительной степени – на 15 %. Цементное связующее не работало с пеногасителем в композиции, а некоторое отклонение результатов находится в пределах погрешности (5 %).

2. Добавка пеногасителя не оказывает существенного влияния на теплопроводность композита с корой, но увеличивает этот показатель в композиции гипса или цемента со стружкой соответственно на треть и на одну десятую часть.

Для сравнения влияния вспенивающих и пеногасящих добавок к гипсовому вяжущему, были проанализированы результаты предыдущих исследований Федосенко И.Г. и настоящих совместных исследований. Получена таблица 1, отражающая процентное изменение коэффициента теплопроводности и плотности плитного материала.

Таблица 1 – Процентное отклонение коэффициента теплопроводности (λ) и плотности (ρ) композиционных плит на основе мелкой фракции коры с гипсовым вяжущим

Показатель, размерность	Добавка		
	вспенивающая (10 %)	без добавки	пеногасящая (0,01 %)
λ , Вт·м/К	-30	0	0
ρ , кг/м ³	-13	0	+5

Анализируя результаты, видно что пеногасящая добавка при композиции коры на гипсовом вяжущем не повлияла на показатели теплопроводности и плотности, а вспенивающая уменьшила теплопроводность и плотность композиции, придавая ей более выраженные изолирующие свойства.

Оценивая результаты исследований, можно сделать вывод, что разные добавки способны изменить свойства композиционных плит из коры на минеральных вяжущих. При этом, очевидно, что кора в минеральных композитах увеличивает пористость плит за счет реакции ее кислой среды с щелочной средой вяжущего и это делает неэффективным применение пеногасящих добавок.

УДК 674.81.028.9

Студ. Н.Ю. Евсейчик

Науч. рук. доц. О.К. Леонович

(кафедра технологии деревообрабатывающих производств, БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЮЧИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРОПИТАННЫХ ОЧИЩЕННЫМ ПОЛИКАРБОКСИЛАТНЫМ ЛИГНИНОМ

Одним из факторов, сдерживающих широкое использование древесины в строительстве, в настоящее время остается ее высокая пожарная опасность. Поэтому работы, связанные с исследованием огнезащитной эффективности огнезащитных составов применительно к различным породам древесины, вопросы ее огнезащиты являются весьма актуальными. Снижение пожарной опасности древесного материала основано на исследовании и разработке средств, а также способов эффективной огнезащиты, что в отдельных случаях повышает

огнестойкость деревянных сооружений и снижает угрозу для жизни и здоровья людей.

В практической деятельности используются несколько подходов для стандартной классификации огнезащитных средств, по результатам которых древесине присваивается определенный уровень огнезащитной эффективности.

Использованный нами подход описан в ГОСТ 12.1.044 (п. 4.3), где основным показателем качества является температура дымовых газов, проявляемая при огневом воздействии на испытываемый материал. В соответствии с методом экспериментального определения группы трудногорючих и горючих твердых веществ и материалов древесина относится к трудногорючей (ТГ), если температура дымовых газов в течение 5 мин. огневого воздействия не превышает 260°. Условия испытаний по ГОСТ 12.1.044 осуществляют при тепловом потоке, примерно равном 40 кВт/м², что адекватно температуре 630°.

Целью работы является повышения прочностных свойств и огнестойкости древесных материалов методом пропитки исследуемых образцов очищенным поликарбонатным лигнином.

Таблица – Результаты испытаний на группу трудногорючих и горючих веществ реагента S-Drill™ CL марка А (базовая)

Номер образца	Температура реакционной камеры до введения образца, °С	Максимальная температура газообразных продуктов горения, °С	Время достижения максимальной температуры, с	Среднее время достижения максимальной температуры, °С	Масса образца, г		Потеря массы образца, %	Средняя потеря массы образца, %
					до испытания	после испытания		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Натуральный образец (пропитка отсутствует)								
1.	200	856	360	370	72,1	1,3	98	98
2.		863	390		72,8	1,5	98	
3.		848	360		71,4	1,3	98	
Образец №3 (15.09)								
1.	200	556	180	180	86,7	6,8	92	92,3
2.		546,7	180		86,6	6,6	93	
3.		551,9	180		86,6	6,9	92	
Образец 6М (17.09)								
1.	200	231,9	270	270	91,3	20,3	66,7	66,7
2.		233	270		91,3	20,4	66,7	
3.		233,5	270		91,2	20,1	67	

Реагент S-Drill™ CL марка А (базовая, acidic) (№ 113), которым была поверхностно пропитана (методом поверхностной капил-

лярной пропитки) древесностружечная плита марки П-А, относится к горючим материалам средней воспламеняемости по ГОСТ 12.1.044-89 п.4.3 с расходом около 200 г/м².

Образцы древесины сосны подвергались выдержке в вентилируемом сушильном шкафу при температуре 60±5°С на протяжении 48 часов. Затем их охладили до температуры окружающей среды, при этом, не вынимая из шкафа.

Образцы размером 60×150×10 мм, пропитанные по технологии, описанной ГОСТ 12.1.044-89, подверглись испытаниям на сжигание. Полученные результаты приведены в таблице.

Из таблицы видно, что горючесть образцов пропитанной древесины значительно ниже, чем у образцов из натуральной древесины.

Выводы: таким образом, исследования показали, что очищенный поликарбосилатный лигнин недостаточно эффективен для защиты древесины от огня. Использование данных пропиток может быть использовано в защите древесных материалов от огня, однако оно не обеспечит достаточного уровня защиты.

УДК 692.232.7

Студ. В.Н. Гвоздь

Науч. рук. зав. каф. И.К. Божелко

(кафедра технологии деревообрабатывающих производств, БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ГИДРОФОБИЗАТОРОВ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ

Гидрофобизатор – это специальные вещества, которые используют с целью защиты поверхностей от воды и повышенной влажности. Чтобы увеличить срок службы конструкций из гигроскопичных материалов, контактирующих с влажной средой, рекомендуется осуществлять гидрофобную защиту.

Целью данной научной работы является нахождение лучшего гидрофобизатора для древесины

В исследовании участвовали 8 гидрофобизаторов: льняное масло, олифа, парафиновый, силиконовый, силоксановый, отработанное масло, кремнийорганический, Сафекс.

Подготавливали к работе 250 образцов изготовленных в форме прямоугольной призмы основанием 20х20 мм и высотой вдоль волокон 10 мм. Образцы подписывали водостойким маркером.

Подготавливали к испытаниям все гидрофобизаторы. Льняное масло, олифа, отработанное масло не разбавляем. Все остальные делали растворы с концентрацией 0,5, 1, 1,5 %. Для этого в стакане сме-

шивали воду в различных пропорциях с гидрофобизатором, с помощью магнитной мешалки перемешивали полученную жидкость до однородного состояния. Далее деревянные образцы по очереди пропитывали гидрофобизатором в течении 1 минуты.

После пропитки образцы хранили в лаборатории, исключая воздействие прямых солнечных лучей и паров. Водоотталкивающие свойства достигаются через 24 часа.

Испытания на влагопоглощение проводили согласно ГОСТ 16483.19-72 Древесина. Метод определения влагопоглощения [1].

Испытания на водопоглощение проводили согласно ГОСТ 16483.20-72 Древесина. Метод определения водопоглощения [2].

Спустя 30 дней в диапазон поглощения влаги 10-12 % вошли отработанное масло и силиконовый гидрофобизатор. В диапазон поглощения влаги 12-14 % вошел гидрофобизатор Сафекс. Все остальные находились в диапазоне 14-18 %.

Так же в диапазон поглощения воды до 50 % вошли олифа и льняное масло. В диапазон свыше 50 % все остальные.

Испытания на водопоглощение оказались неэффективными поскольку практически все образцы набрали больше 50 % воды.

Показания на влагопоглощение были наоборот, эффективными и по ним мы сделали окончательный вывод в виде рейтинга от лучших к худшим.

Рейтинг гидрофобизаторов после испытаний: отработанное масло; силиконовый; сафекс; кремнийорганический; парафиновый; силосановый; олифа; льняное масло.

Таким образом по результатам испытаний на влагопоглощение отработанное масло получило 1 место в нашем рейтинге. За 30 дней образцы набрали минимальное количество влаги, всего 10 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 16483.19-72 Древесина. Метод определения влагопоглощения. Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 21.12.72 N 2300 дата введения установлена 01.01.74.: Издательство стандартов,[1999].-4с.

2. ГОСТ 16483.20-72 Древесина. Метод определения водопоглощения. Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 21.12.72 N 2300 дата введения установлена 01.01.74.: Издательство стандартов,[1999].-4с.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПИГМЕНТОВ НА ВНЕШНИЙ ВИД ДРЕВЕСИНЫ

Для исследования красителей, определения их устойчивости и влияния на цвет окрашиваемой поверхности был проведен опыт, где использовалось два образца пигментов: образец №1 (жидкий, коричнево-красный с блеском оттенок) и образец №2 (густой, темно-коричневый оттенок).

Исследования этих пигментов на вымываемость проводились в два этапа. Для начала были подготовлены растворы и образцы шпона в количестве 40 штук и были взвешены. Размеры образцов: 70 x 70 мм, толщиной 1 мм.

Разработка концентрации раствора пигментов с водой и концентратом производится подбором до получения различных окрасок шпона. После чего визуально было выбрано несколько образцов. На рисунке представлены пробные образцы, окрашенные в различные концентрации растворов. По результатам окрашивания было выбрано по 2 раствора каждого пигмента с водой концентрацией 0,5 и 0,75 % и 2 раствора с 5 %-ым концентратом в таком же процентном соотношении.

После того, как для каждого образца были выбраны наиболее удачные концентрации пигмента проводится первый этап.

Первый этап – окраска образцов шпона производится в следующей последовательности:

1. Взвешивание образцов шпона.
2. Окувание в раствор каждый образец на 1 минуту.
3. Взвешивание после пропитки.
4. Расставлены образцы так, чтобы они не прикасались друг к другу.
5. Образцы выдерживали 2-3 сут при температуре (20 ± 2) °С и относительной влажности воздуха $(65 \pm 3)\%$.

После проведения первого этапа проводилась оценка окрашенным образцам шпона:

Образец №1 с $K_{\text{пиг}}=0,75$ окрасился равномерно, получили насыщенный, темно-коричнево-красный оттенок с блеском, а с $K_{\text{пиг}}=0,5$ получился более светлый чем предыдущий образец и тоже с блеском.

Образец №2 с $K_{\text{пиг}}=0,75$ окрасился неравномерно с подтеками, получили насыщенный, коричневый, матовый оттенок, а с $K_{\text{пиг}}=0,5$ более светлый чем предыдущий образец.

Однако, Образец №2 имеет значимый недостаток – при касании с образцом остается яркий след от пигмента.

Второй этап – определение вымываемости пигментов производится по ГОСТ Р 50241-92 [1] в следующей последовательности:

1. Взвешивание образцов шпона.

2. Укладывают с некоторым разрывом друг от друга в эксикаторы на сетку, сверху накрывают такой же сеткой, устанавливают на нее противовсплывное устройство и заливают дистиллированной водой в объеме, превышающем объем образцов в 5 раз. Температура воды на протяжении всего опыта должна составлять (20 ± 2) °С.

3. Через двое суток воду сливают и раскладывают образцы до полного высыхания.

4. Взвешивание образцов шпона.

После проведения опыта можно визуально оценить воду, в которой выдерживались образцы. Вода после выдержки Образца №1 окрасилась равномерно в насыщенный коричнево-красный цвет без осадков. Вода после выдержки Образца №2 окрасилась неравномерно в светло-коричневый цвет и выделился осадок в виде коричневых хлопьев. Также оцениваем образцы шпона после вымываемости: пигмент образца №1 вымылся визуально на 30 %, при этом блеск пигмента остался (рисунок 1), а пигменты образца №2 вымылись слабо, визуально 5 %, остался такой же темный коричневый цвет (рисунок 2).

После того, как сухие образцы были взвешены, по полученным данным рассчитывалось поглощение и вымываемость.

В ходе испытаний определения устойчивости красителей для древесины и влияния на цвет окрашиваемой поверхности были получены результаты вымываемости пигмента:

Вымываемость всех образцов меньше 10 %, то они являются невымываемыми пигментами.

В результате исследований вымываемости был определен наилучший – раствор Образца №2 ($K_{\text{пиг}}=0,5$) с 5 %-ым концентратом, так как вымываемость составила меньше 1 %.

Следует отметить, что все растворы Образцов №1 и №2 сохранили насыщенный цвет, а Образца №1 ещё и блеск пигмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 50241-92 Средства защитные для древесины. Экспресс-метод испытания вымываемости.

Студ. Н.А. Басалыга
Науч. рук. доц. В.Н.Фарафонов
(кафедра энергосбережения, гидравлики и теплотехники, БГТУ)

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ ГП «ИНСТИТУТ НИИСМ»

На любом предприятии в определенное время выявляются проблемы с системой энергопотребления, которые необходимо изучить и решить для меньших энергопотерь и экономии денежных средств, которые теряются из-за проблем с системой.

Целью работы на предприятии являлось изучение системы энергопотребления.

Для выполнения цели были поставлены следующие задачи:

1. Выявление недостатков системы;
2. Поиск путей решения выявленных недостатков.

Актуальность проведенной работы заключена в снижение энергетических потерь, а также экономических затрат предприятия.

В процессе изучения системы энергопотребления на предприятии ГП «Институт НИИСМ» была выявлена следующая проблема: теплопотери через изоляцию трубопровода.

Изоляция не выполняет в должном объеме свою функцию из-за множественных механических повреждений, нанесенных временем, внешней окружающей средой и неправильной технологией укладки.

При теплоизоляции наружных трубопроводов необходимо исходить из нескольких технических требований, а именно: низкий коэффициент теплопроводности материала; долговечность; огнестойкость; безопасность для человека; простота монтажа; экономическая целесообразность; устойчивость к влаге.

На данный момент присутствует множество видов материалов для теплоизоляции наружных трубопроводов. Они отличаются своими характеристиками и видами. Утепление трубопроводов тепловых сетей повышает КПД системы, снижает нагрузку на отопительный котел, способствует экономии топлива.

Анализируя требования и ассортимент материалов, был сделан вывод о целесообразности использования пенополиуретана.

Один из самых эффективных и безопасных в эксплуатации современных утеплительных материалов – это пенополиуретан. У него масса всевозможных достоинств, поэтому материал используют практически на любых конструкциях, требующих надежного утепления (снижение теплопотерь на 40 %; простота укладки; скорость монтажа; устойчивость пенополиуретана к различного рода воздействиям: хи-

мическому, механическому (частично), атмосферному, биологическому; экологическая безопасность; отсутствие температурных ограничений на время выполнения работ; возможность повторного использования трубной скорлупы ППУ; обеспечение быстрого доступа к поврежденному участку трубопровода; отсутствие «эффекта зимнего парения» - на помещенной в скорлупу ППУ трубе не конденсируется влага; долгий период эксплуатации).

Недостатков у данного материала мало – дополнительные расходы на перевозку сегментов, а также недопустимость использования при сверхвысоких температурах (свыше +150 °С). Таким образом, теплоизоляция для труб ППУ неприменима для теплоизоляции паропроводов.

На данный момент от 100 % теплопотерь– 42 % приходится исключительно на потери через изоляцию наружного провода. При замене на теплоизоляции из пенополиуретана данный процент максимально снизится.

ЛИТЕРАТУРА

1. Копко В.М. Теплоизоляция трубопроводов теплосетей // Минск: Технопринт. – 2002.– С. 5-15.

УДК 628.4.03:628.47

Студ. В.К. Шимчёнок

Науч. рук. проф. В.И. Володин

(кафедра энергосбережения, гидравлики и теплотехники, БГТУ)

СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА

Ежегодно в мире образуется больше 2 миллиардов тонн промышленных и твердых бытовых отходов (ТБО), значительная часть которых не подвергается переработке.

В 2019 году в Беларуси на вторичную переработку было отправлено 381,8 тыс. т бумаги и картона, 188,1 тыс. т отходов стекла, 97,2 тыс. т полимеров и т. д. Все это лишь малая часть образующихся в республике отходов, остальные, не утилизированные ТБО, вывозятся и захораниваются на свалках [1].

Помимо твердых бытовых отходов, есть вопросы и к утилизации отходов полиуретана (ПУ), поскольку материал активно используется в строительстве и энергетике в качестве утеплителя, срок службы которого колеблется в пределах 30-ти лет, поэтому в будущем ожидается рост его отходов. Под действием солнечных лучей, ПУ выделяет токсины, что делает его захоронение на полигонах экологиче-

ской проблемой и вынуждает искать альтернативные способы утилизации.

Целью настоящего исследования является изучение существующих способов переработки ТБО и ПУ, возможность их совместной утилизации, а также оценка теплоты сгорания твердых бытовых отходов и отходов полиуретана, и их топливной смеси.

Существует множество современных технологий рециклинга образующихся отходов[2], например:

- захоронение на специальных полигонах;
- химическая переработка (гликолиз, гидролиз и др.)
- механическая переработка (переработка для получения недорогого сырья);
- термическая переработка (сжигание, пиролиз).

Одним из наиболее перспективных способов переработки считается сжигание. Установлено, что отходы ПУ могут добавляться к ТБО до 20% от суммарной массы, при этом сжигание подобной смеси не ведет к критическому повышению уровню выхода вредных газов или зольности и подходит для сжигания в современных мусоросжигательных печах и котлах.

Теплота сгорания полиуретана определялась экспериментально и расчетным методом по усредненному составу, поскольку он меняется в зависимости от сезона и территории сбора отходов (для ТБО) и эксплуатационных свойств (для ПУ). Теплота сгорания ТБО и смеси с полиуретаном – расчетным методом.

Опытное определение теплоты сгорания полиуретана проводилось по ГОСТ 147-2013 в ИТМО им. А. В. Лыкова с использованием быстродействующего бомбового калориметра сжигания БКС-2Х. Расчетная величина для усредненного состава составила меньшее значение на 6%. В дальнейшем исследовании используется низшая теплота сгорания полиуретана 27,26 МДж/кг. Расчетное значение теплоты сгорания для усредненного состава ТБО – 11,13 МДж/кг. Теплота сгорания смеси с массовой долей полиуретана 20 % составляет 14,36 МДж/кг. Данное искусственное топливо по теплоте сгорания идентично используемым местным топливам древесине и торфу, и рекомендуется для внедрения.

В дальнейшем предполагается разработка технологической схемы использования ПУ и ТБО, которая должна включать:

- отдельное приемное отделение отходов ПУ и ТБО;
- их сортировку и фракционную подготовку для сжигания;
- приготовление смеси полиуретана и твердых бытовых отходов заданного состава для использования в качестве топлива;

- подачу топлива в паровой котел;
- организацию эффективного процесса сжигания топлива;
- систему удаления, сбора и утилизации шлака;
- систему улавливания уноса с газообразными продуктами сгорания и очистки отходящих дымовых газов.

Использование смеси полиуретана и твердых бытовых отходов в качестве топлива снизит нагрузку на полигоны для захоронения отходов, значительно уменьшит концентрацию загрязняющих веществ до относительно малых объемов зольных и газовых остатков, а также позволит вернуть часть энергии, затраченной на производство утилизируемых объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экономическая газета [Электронный ресурс] / Сколько мусора оставляют после себя белорусы и сколько – перерабатывают. – Беларусь, 2019. – Режим доступа: <https://neg.by/novosti/otkrytj/skolkomusora-ostavlyayut-posle-sebya-belorusy-i-skolko---pererabatyvayut/> – Дата доступа: 13.04.2020.

2. The National Center for Biotechnology Information [Электронный ресурс] / Polyurethane Recycling and Disposal: Methods and Prospects. – USA, 2020. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7464512/> – Дата доступа: 13.04.2020.

УДК 621.865.8:674

Студ. А.В. Митуневич
Науч. рук. доц. В.Н. Гаранин
(кафедра деревообрабатывающих станков и инструментов БГТУ)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ IDEF0

Целью данной работы является внедрение методологии функционального моделирования IDEF0 на процесс изучения конструкции фрезерного станка ФС-1.

IDEF0 – методология функционального моделирования и графическая нотация, предназначенная для формализации и описания бизнес-процессов. Отличительной особенностью IDEF0 является её акцент на соподчинённость объектов. В IDEF0 рассматриваются логические отношения между работами, а не их временная последовательность (поток работ). Методология IDEF0 нашла широкое признание и применение, в первую очередь, благодаря простой графической нотации, используемой для построения модели [1]. Главными компо-

нентами модели являются диаграммы. На них отображаются функции системы в виде прямоугольников, а также связи между ними и внешней средой посредством стрелок. Использование всего лишь двух графических примитивов (прямоугольник и стрелка) позволяют быстро объяснить правила и принципы построения диаграмм IDEF0 людям, незнакомым с данной методологией. Описание выглядит как «чёрный ящик» с входами, выходами, управлением и механизмом, который постепенно детализируется до необходимого уровня. Также для того чтобы быть правильно понятым, существуют словари описания активностей и стрелок. В этих словарях можно дать описания того, какой смысл вы вкладываете в данную активность либо стрелку.

Стандарт IDEF0 представляет организацию как набор модулей, здесь существует правило – наиболее важная функция находится в верхнем левом углу, кроме того, существуют правила сторон: стрелка входа всегда приходит в левую кромку активности, стрелка управления – в верхнюю кромку, стрелка механизма – нижняя кромка, стрелка выхода – правая кромка.

Рассмотрим основные элементы графической нотации IDEF0 на примере фрезерного станка ФС-1.

На схеме, представленной на рисунке 1, изображена графическая нотация IDEF0 конструкции фрезерного станка ФС-1 [2].

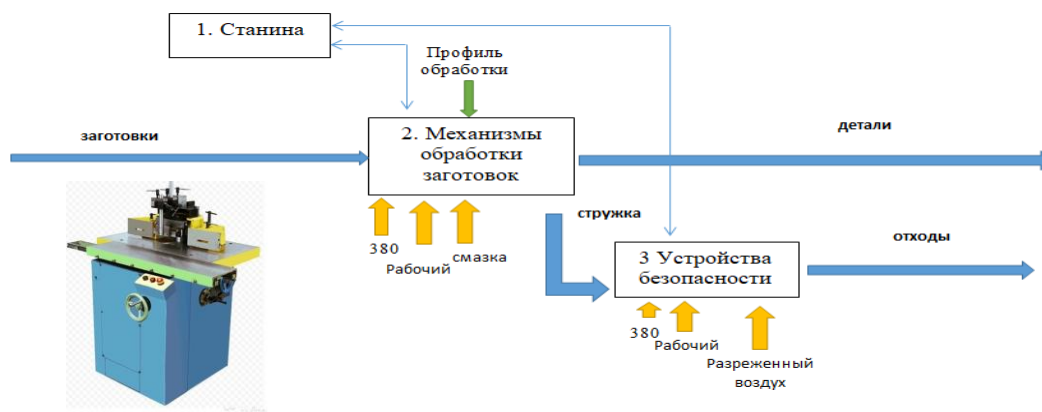


Рисунок 1 – Диаграмма станка ФС-1

В ней показаны 3 конструкции, которые входят в состав станка и выделены прямоугольником. Жирными стрелками синего цвета (они же стрелки входа и выхода) изображен технологический поток преобразования заготовки в деталь и технологическую стружку. Стрелками оранжевого цвета (стрелки механизма) показаны ресурсы (энергия, воздух, рабочая сила) необходимые для осуществления технологического потока. Стрелками зеленого цвета показываются требования, предъявляемые для осуществления технологического потока (стрелки управления).

На схеме (рисунке 2) изображена диаграмма механизма обработки заготовок фрезерного станка ФС-1. Принцип описания диаграммы такой же, как и для рисунка 1 (смотреть выше).

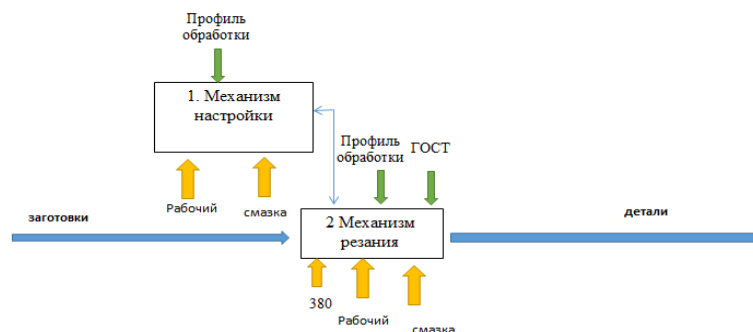


Рисунок 2 – Диаграмма механизма обработки заготовок

На схеме (рис. 3) изображена диаграмма устройства безопасности фрезерного станка ФС-1. Принцип описания такой же как и для рисунка 1 (смотреть выше).

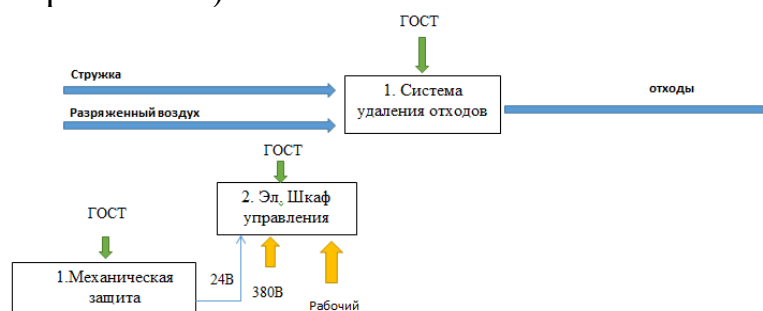


Рисунок 3 – Диаграмма устройства безопасности ФС-1

В заключении можно сделать вывод, что методология графической нотации IDEF0 показывает наглядность конструкции оборудования. Нотация проясняет, как работает та или иная система, и можете наглядно информировать специалистов, где в этой системе «тонкие места» и каким образом можно устранять неисправности при возникновении неполадок. Кроме того, функциональное моделирование нам помогает создать в случае необходимости словарь узкоспециализированных терминов, в котором раскрываются условные обозначения и термины. В результате чего заинтересованные специалисты (клиенты, руководители, рабочие, инженера) при обсуждении проблем могут говорить на одном языке.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МЕСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НА ПОВОРОТАХ КРУГЛЫХ ТРУБ ЭКСКАУСТЕРНОЙ СИСТЕМЫ

Целью данной работы является изучение коэффициента местного сопротивления на поворотах круглых труб эксгаустерной системы с использованием программного пакета SolidWorks.

Общие сведения

Уборка ручным способом мелких срезков, опилок, стружек и пыли, скопляющихся у станков – трудоемкий и небезопасный процесс. Удалять ручным способом отходы возможно только тогда, когда станок не работает и его режущие инструменты неподвижны, следовательно, это вызывает непроизводительные простои. Поэтому рабочие зачастую пытаются удалять отходы на ходу станка, что приводит к несчастным случаям. Поэтому удаление опилок, стружек и пыли необходимо осуществлять при помощи пневмотранспортных установок непосредственно от режущих инструментов станка.

В деревообрабатывающем производстве для указанных целей широко применяют пневматический транспорт эксгаустерные системы. Правильно рассчитанная, сконструированная и смонтированная система обеспечивает почти полное удаление отходов и пыли. Отходы – опилки, стружки, пыль транспортируются по воздухопроводу во взвешенном состоянии под влиянием вихревых переносов со скоростью 16–20 м/сек.

Потеря давления $p_{м.с}$, Па в местном сопротивлении находится согласно [1] по зависимости:

$$p_{м.с} = \xi_{м.с} \frac{\rho v^2}{2} (1 + K\mu) \quad (1)$$

где $\xi_{м.с}$ – коэффициента местного сопротивления;

v – средняя скорость потока воздуха на участке, м/с.

Рассмотрим более подробно влияние угла поворота α на коэффициент.

Расчитаем $\xi_{м.с}$ по формуле (2) на основании методического пособия [2] и данные занесем в таблицу 1.

$$\xi_{м.с} \approx 0,2\alpha / 90 \quad (2)$$

Определим ξ_{mc} поворота трубы с использованием программного пакета Solid Works модуль Flow Simulation. Используем при решении задачи плотность потока – 1,2кг/м², диаметр трубы 300мм. Схему представим на рисунке 1.

Таблица 1 – Влияние угла поворота на ξ_{mc} согласно (2)

угол	15	30	45	60	75	90
коэф.	0,033333	0,066667	0,1	0,133333	0,166667	0,2

Рассчитываем экспериментальный коэффициент по формуле (2), приняв условие из (1), что $K = 0$:

$$\xi = \frac{2H}{\rho v^2} = \frac{2(H_1 - H_2)}{\rho v^2} \quad (2)$$

Расчетные данные представим в таблице 2.

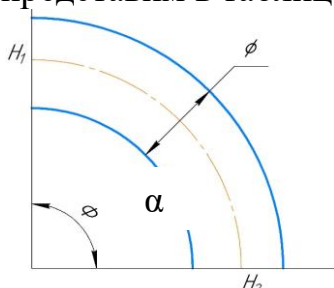


Рисунок 1 – Расчетная схема

H_1 - давление на входе, H_2 - давление на выходе, α – угол закругления трубы, ϕ - диаметр трубы

Таблица 2 – Расчетные данные программного пакета SolidWorks

15 град			разница	30 град			разница	45 град			разница
5	101325,5	101325	0,5	5	101326	101325	1	5	101326	101325	1
10	101327	101325	2	10	101328	101325	3	10	101329	101325	4
15	101329	101325	4	15	101331	101325	6	15	101334	101325	9
20	101333	101325	8	20	101338	101325	13	20	101340	101325	15
25	101338	101325	13	25	101346	101325	21	25	101348	101325	23
30	101345	101325	20	30	101353	101325	28	30	101358	101325	33
40	101360	101325	35	40	101375	101325	50	40	101383	101325	58
50	101379	101325	54	50	101403	101325	78	50	101415	101325	90
60 град			разница	75 град			разница	90 град	давление	давление	разница
5	101327	101325	2	5	101327	101325	2	5	101330	101325	5
10	101334	101325	9	10	101335	101325	10	10	101340	101325	15
15	101340	101325	15	15	101344	101325	19	15	101355	101325	30
20	101351	101325	26	20	101359	101325	34	20	101370	101325	45
25	101366	101325	41	25	101373	101325	48	25	101380	101325	55
30	101382	101325	57	30	101394	101325	69	30	101409	101325	84
40	101424	101325	99	40	101458	101325	133	40	101479	101325	154
50	101479	101325	154	50	101535	101325	210	50	101561	101325	236

Анализируя данные таблицы 2, представим влияние скорости потока воздуха и угла поворота трубы на коэффициент местного сопротивления в таблице 3.

Данные таблицы 3 представим в более наглядном виде на рисунке 2.

В заключении можно сделать вывод, что коэффициент, полученный по упрощенной зависимости (2), не учитывающий скорость воздуха в трубе – усредненное значение и ею можно пользоваться при скоростях воздуха около 25 м/с (среднее между 5 и 50 м/с). Также из графика следует, что при одном и том же угле поворота α коэффициент сопротивления может отличаться более чем в 2 раза при разных скоростях воздуха, что не учитывается зависимостью (2).

Таблица 3 – Зависимость ξ_{mc} от α и v

	15	30	45	60	75	90
5	0,033	0,0667	0,0667	0,1333	0,13	0,33
10	0,033	0,05	0,0667	0,15	0,15	0,25
15	0,02963	0,0444	0,667	0,111	0,14	0,22
20	0,033	0,054167	0,054	0,1083	0,1417	0,1875
25	0,03467	0,056	0,0613	0,1093	0,128	0,147
30	0,037	0,0518	0,061	0,105	0,12778	0,156
40	0,036458	0,052	0,06	0,103	0,139	0,16
50	0,036	0,052	0,06	0,102667	0,14	0,1573
среднее	0,0340948	0,053383	0,137088	0,115321	0,13706	0,200975

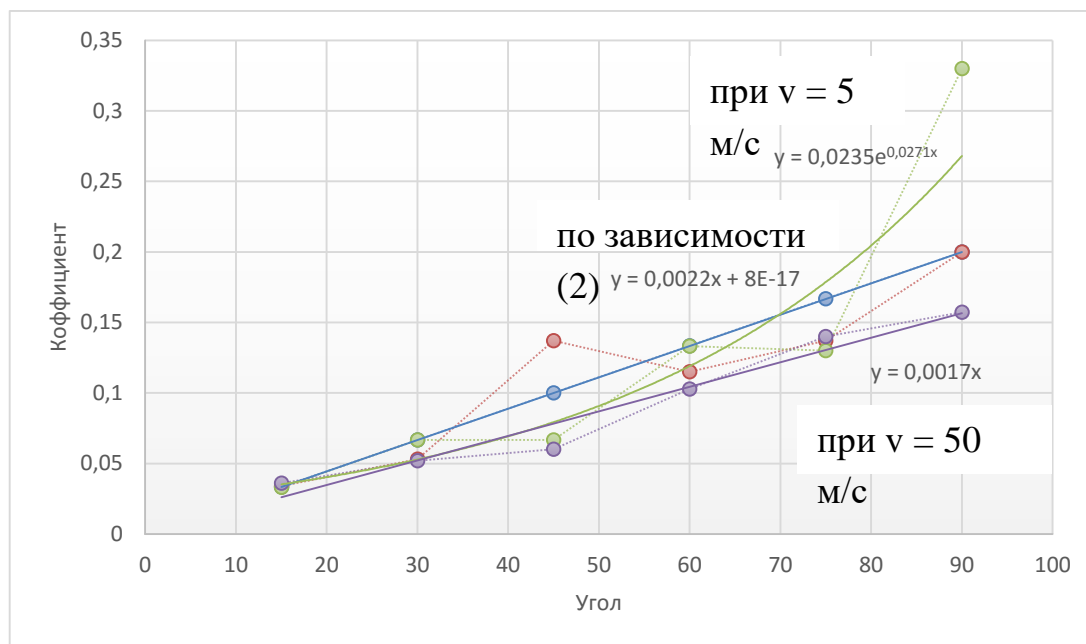


Рисунок 2 – Зависимость угла поворота от коэффициента сопротивления

ЛИТЕРАТУРА

1. Глебов, И. Т. Аспирация и пневмотранспорт деревообрабатывающих предприятий: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2017. – 160 С.
2. Трофимов, С. П. Методические указания по разделу «Проектирование универсальных эксгаустерных установок», 1987г. – 51 С.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ДРОБЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В ТОПЛИВНУЮ ЩЕПУ

Целью данной работы является получение данных о соотношении количества энергии, получаемой при сжигании древесины с энергией, которую необходимо затратить на ее резание (без учета потерь энергии в приводах оборудования). Рассмотрим заготовку, представленную на рисунке 1.

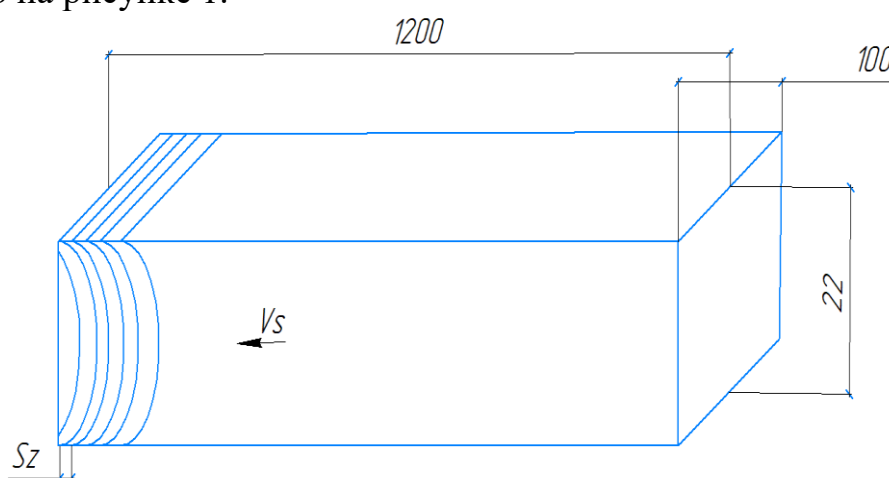


Рисунок 1 – Обрабатываемая заготовка (доска)

Длина доски $L=1200$ мм, Диаметр резания $D = 100$ мм, Ширина доски $b = 100$ мм, Высота доски $H = 22$ мм, Скорость подачи $V_s = 25$ м/с, $\delta = 60^\circ$.

1) Средняя сила резания, приходящаяся на один нож, при открытом резании определяется согласно [1, 2].

$$F_{зуб} = a_p \cdot p \cdot b + S_z \cdot \sin \theta \cdot [kb] \quad (1)$$

где a_p – коэффициент округления режущей кромки;

p_c – средняя удельная сила резания по задней поверхности лезвия, Н/мм;

S_z – подача на зуб, мм;

k_c – касательное давление на переднюю поверхность лезвия Н/мм²

b – ширина фрезерования, мм

2) Работа зуба за один проход определим по формуле

$$A_{зуб} = F_{зуб} \cdot l = [a_p \cdot p \cdot b + S_z \cdot \sin \theta \cdot k \cdot b] \cdot H \quad (2)$$

$$A_{зуб} = [a_p \cdot p + S_z \cdot k] \cdot b \cdot H \quad (3)$$

3) Коэффициент округления режущей кромки

$$a_p = 1 + \frac{0,2 \cdot \Delta\rho}{\rho_0} = 1 + \frac{0,2 \cdot 30}{10} = 1,6 \quad (4)$$

где $\Delta\rho$ – приращение радиуса округления режущей кромки, мкм;
 ρ_0 – начальный радиус округления режущей кромки, мкм.

4) Средняя удельная сила резания по задней поверхности лезвия

$$p_c = 1,6 + 0,036\varphi_B = 1,6 + 0,036 \cdot 90 = 4,84 \text{ Н/мм}$$

$$p_{\bar{c}} = 1,9 + 0,04\varphi_B = 1,6 + 0,04 \cdot 90 = 5,5 \text{ Н/мм}$$

$$p_d = 2,1 + 0,046\varphi_B = 1,6 + 0,046 \cdot 90 = 6,24 \text{ Н/мм} \quad (5)$$

5) Касательное давление на переднюю поверхность лезвия [1,2]

$$k_c = (0,2 + 0,004\varphi_B) \cdot \delta + (0,07 + 0,0015\varphi_B) \cdot V_s - (5,5 + 0,15\varphi_B) = \\ = (0,2 + 0,004 \cdot 90) \cdot 60 + (0,07 + 0,0015 \cdot 90) \cdot 25 - (5,5 + 0,15 \cdot 90) = 19,7 \text{ Н/мм}^2;$$

$$k_{\bar{c}} = (0,25 + 0,005\varphi_B) \cdot \delta + (0,08 + 0,0018\varphi_B) \cdot V_s - (7 + 0,18\varphi_B) = \\ = (0,25 + 0,005 \cdot 90) \cdot 60 + (0,8 + 0,0018 \cdot 90) \cdot 25 - (7 + 0,18 \cdot 90) = 24,8 \text{ Н/мм}^2;$$

$$k_c = (0,28 + 0,006\varphi_B) \cdot \delta + (0,09 + 0,002\varphi_B) \cdot V_s - (7,6 + 0,2\varphi_B) = \\ = (0,28 + 0,006 \cdot 90) \cdot 60 + (0,09 + 0,002 \cdot 90) \cdot 25 - (7,6 + 0,2 \cdot 90) = 30,3 \text{ Н/мм}^2; \quad (6)$$

6) Объем доски

$$V = b * H * L = 100 * 22 * 1200 = 0,00264 \text{ м}^3 \quad (7)$$

7) Удельная работа, затрачиваемая на дробление заготовки:

$$A_{y\partial} = \frac{A_{зуб}}{S_z * H * b} = \frac{a_p \cdot p}{S_z} + k, \frac{\text{МДж}}{\text{м}^3}; \quad (8)$$

Таблица 1 – Удельная работа в зависимости от подачи на зуб

S _z , мм	A _{y∂} , МДж/м ³		
	сосна	береза	дуб
0,2	58,42	68,8	80,2
0,4	39,6	46,8	55,2
0,6	32,6	39,4	46,9
0,8	29,4	35,8	42,7
1,0	27,4	33,6	40,2

Исходя из полученных данных, можно построить график, в котором мы увидим зависимость потребления энергии на дробление материала и энергию выделения тепла

Исходя из статьи [3], максимальная теплота сгорания составляет для сосны – 9000 МДж/м³, березы – 9400 МДж/м³, дуба – 10200 МДж/м³.

Представим на рисунке 2 график влияния затрат энергии от подачи на зуб при дроблении древесины.

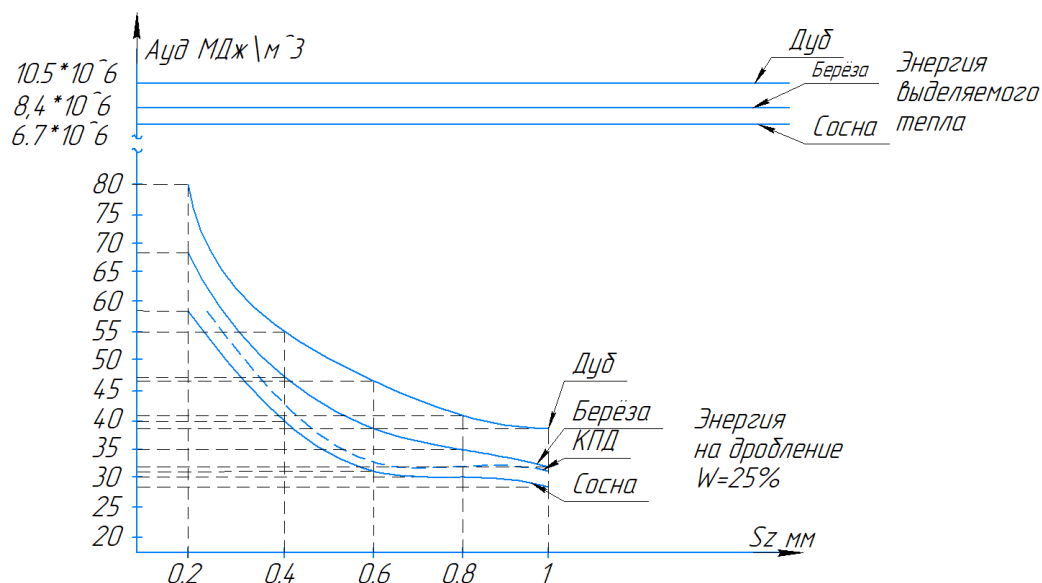


Рисунок 2 – Графики изменения энергии от подачи на зуб

Определяем процент на дробление древесины. Данные представим в таблице 2.

Таблица 2 – Соотношение энергии на дробление древесины

S_z , мм	% энергии на дробление древесины		
	сосна	берёза	дуб
0,2	0,7	0,8	0,8
0,4	0,5	0,5	0,5
0,6	0,4	0,4	0,4
0,8	0,3	0,3	0,4
1	0,3	0,3	0,4

В данной работе были произведены расчет энергии сжигания, в ходе которого мы выяснили, что при дроблении древесины на щепу и сжигании ее, энергия на дробление без учета других затрат составляет до 1 %. Уменьшение размеров стружки увеличивает затраты энергии на дробление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришкевич, А. А. Механическая обработка древесины и древесных материалов, управление процессами резания / А. А. Гришкевич. – Минск: БГТУ, 2012.
2. Бершадский, А. Л. Резание древесины. М., 1975.
3. <https://dpva.ru/Guide/GuidePhysics/GuidePhysicsHeatAndTemperature/ComnustionEnergy/WoodWetDryCombustion/>

Студ. В.А. Адуло
Науч. рук. доц. С.А. Гриневич
(кафедра деревообрабатывающих станков и инструментов, БГТУ)

ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРА ФРЕЗ НА ПАРАМЕТРЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Целью данной работы является определение влияния диаметра фрез на процесс фрезерования.

Общие сведения

Фрезерование – один из самых распространенных (после пиления) видов резания древесины. По принципу фрезерования работают станки фрезерные, фуговальные, рейсмусовые, шипорезные, копировальные, четырехсторонние продольно-фрезерные и др. Методом фрезерования обрабатываются точные и гладкие поверхности деталей. Часто фрезерование является окончательной технологической операцией обработки детали.

В современной теории резания древесины нет четких рекомендаций по выбору величины диаметра фрезы. В известных исследовательских работах получены противоречивые результаты по этому вопросу. Так, по данным П. Коха [2] затраты мощности на фрезерование древесины при работе фрезой диаметром 228 мм на 3,37 – 10,8 % больше, чем при работе фрезой диаметром 194 мм. В расчетной формуле мощности на фрезерование древесины Грубе А.Э., Санева В.И. [1] значение диаметра фрезы входит в значение скорости главного движения $v^{0,37}$. Из формулы следует, что чем больше диаметр фрезы, тем меньше мощность на фрезерование. В данной работе было рассмотрено влияние диаметра фрез на процесс фрезерования. Для расчетов принимались фрезы диаметрами 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 мм. В ходе выполнения работы были определены такие параметры как: мощность на резание $P_{рез}$, кВт, касательная составляющая силы резания F_x , Н и шероховатость поверхности R_{mmax} , мкм. Для расчетов задались параметрами, приведёнными в таблице 1, которые для каждого диаметра оставались неизменными. В результате проведенного исследования были получены данные приведённые в таблице 2.

На основе полученных данных было построено 3 графика, для наглядного представления влияния диаметров на ключевые параметры резания. На рисунке 1 представлен первый график зависимости мощности резания от диаметра фрезы. На этом графике видно, что при увеличении диаметра инструмента, так же растёт и мощность.

Таблица 1 – Начальные параметры

Параметры	Размерность	Значение
Припуск на обработку h	мм	3
Скорость подачи V_s	м/мин	8
Количество ножей z	шт	2
Частота оборотов двигателя n	мин ⁻¹	8000
Материал	–	Сосна
Угол резания	град	60
Начальный радиус округления режущей кромки	мкм	7
Время работы инструмента	Мин	180
Ширина фрезерования	мм	50

Таблица 2 – Результаты вычислений

Параметры	Диаметры фрезы D , мм						
	80	100	20	40	60	80	200
Мощность на резание $P_{рез}$, кВт	0,873115	0,937545	1,002515	1,111317	1,200606	1,287614	1,372574
Касательная составляющая силы резания F_x , Н	26,05055	22,45455	20,00478	18,98317	17,92361	17,07338	16,37316
Шероховатость поверхности $R_{m\max}$, мкм.	0,781257	0,625004	0,520836	0,44643	0,390626	0,347223	0,3125

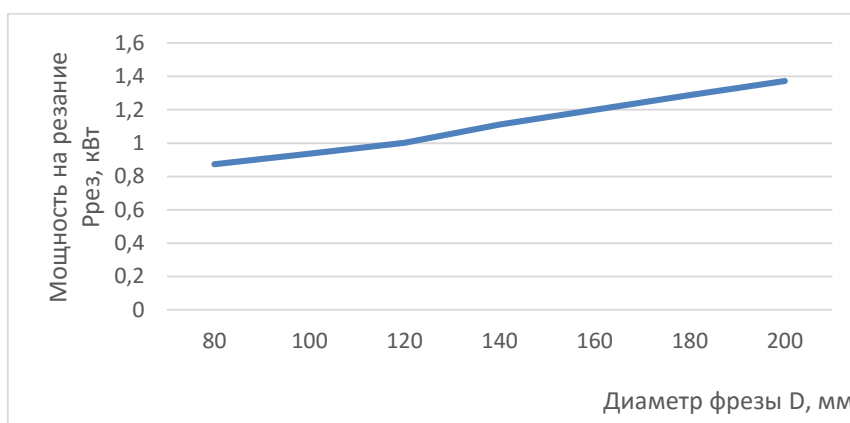


Рисунок 1 – График зависимости мощности от диаметра фрезы

На рисунке 2 представлен график зависимости касательной составляющей силы резания от диаметра фрезы.

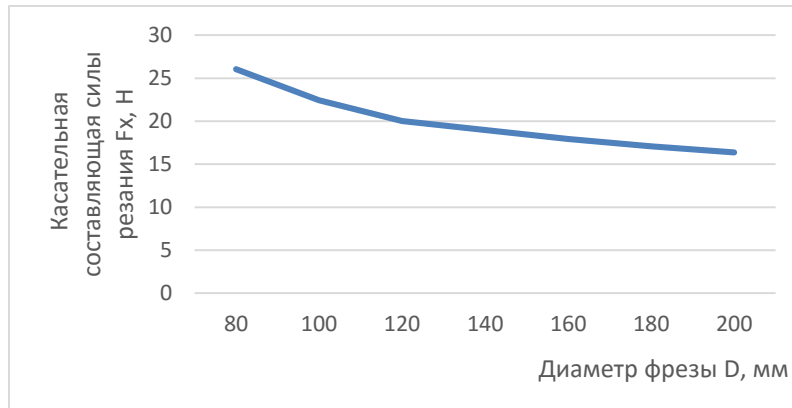


Рисунок 2 – График зависимости касательной составляющей силы резания от диаметра фрезы

На рисунке 3 показано влияния диаметра на качество получаемой поверхности.

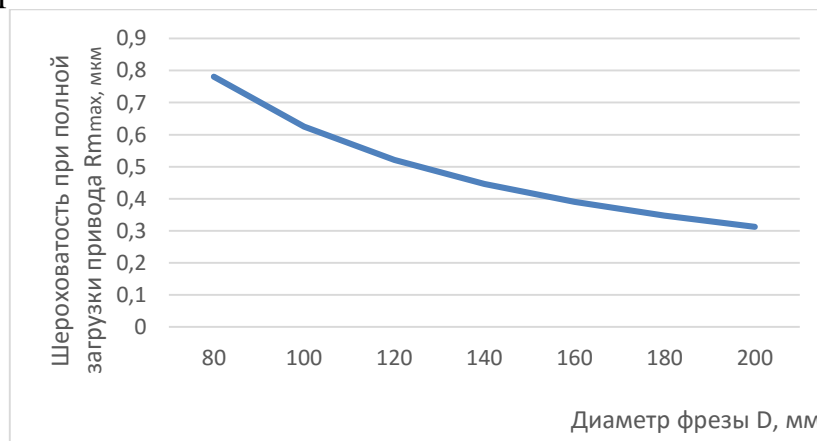


Рисунок 3 – Влияния диаметра на качество получаемой поверхности

Вывод. Из графиков видно, что с увеличением диаметра фрезы при прочих одинаковых условиях в указанном диапазоне энергозатраты на фрезерование увеличиваются, однако при этом касательная сила уменьшается. Что касается шероховатости, то она значительно улучшается от 0,8 до 0,3 мкм. Таким образом, с увеличением диаметра фрезы на процесс фрезерования древесины одновременно действуют, по крайней мере, несколько фактора по-разному влияющие на динамику фрезерования. Совместное их действие может вызвать как увеличение, так и уменьшение энергозатрат на резание.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грубе, А.Э., Санев, В.И. Основы теории и расчета деревообрабатывающих станков, машин и автоматических линий. – М.: Лесная промышленность, 1973. – 384 С.
2. Кох, П. Процессы механической обработки древесины. – М.: Лесная промышленность, 1969. – 328 С.

ВИБРОИЗОЛЯЦИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Целью данной работы является рассмотрение виброизоляции, применяемой в деревообрабатывающем оборудовании.

Наиболее распространенным и эффективным методом снижения вибрации является *виброизоляция*. Виброизолирующие конструкции предотвращают распространение вибрации от источника ее образования на человека и строительные конструкции здания. Используют два типа виброизолирующих устройств - фундаменты и виброизоляторы. Фундаменты снижают вибрацию за счет своей массы (виброгашение), виброизоляторы – за счет деформации упругих элементов - амортизаторов. Виброизоляция бывает активной и пассивной:

Активная виброизоляция уменьшает передачу вибрации от источников на основание (фундамент). *Пассивная виброизоляция* защищает рабочие места от вибрации (защита от вибрации на пути распространения). Установка машин на самостоятельные фундаменты получила название *виброгашение*. Чтобы не допустить передачи вибраций от одной машины к другой через грунт, применяют устройство акустических швов с засыпкой вибрирующего фундамента. Для той же цели предназначены акустические щели шириной 10 см, в которых изолирующей прослойкой является воздух. Виброизоляторы устраняют жесткую связь между источником вибрации и его основанием при помощи амортизаторов, выполненных в виде стальных пружин или упругих прокладок (резины, пеноэласта и др.).

К упругим опорам предъявляются весьма высокие требования: они должны при достаточной жесткости передавать как можно меньше вибраций на основание, отличаться хорошей демпфирующей способностью и большим сроком службы. Недостатком таких опор является также их многообразие и сложность унификации. Исследованиями установлено, что наиболее эффективными опорами грохотов являются пневмобаллонные амортизаторы. Они отличаются существенными преимуществами перед металлическими пружинами, а именно:

1. Пневмобаллонные опоры имеют нелинейную упругую характеристику и с возрастанием амплитуды колебаний при резонансе их жесткость увеличивается. Благодаря этому в 2,5-3 раза сокращается время выбега после отключения электродвигателя и на 20-25 % уменьшается максимальная резонансная амплитуда.

2. Один тип пневмобаллонной опоры при изменении внутреннего давления может быть использован для различных нагрузок при различных параметрах колебаний, т. е. для различных типоразмеров грохотов. Таким образом, применение пневмобаллонной опоры позволит устранить большое разнообразие металлических пружин, используемых на вибрационных грохотах, и полностью унифицировать узел подвески грохота.

3. Пневмобаллонная опора удобна в обслуживании, долговечна, уменьшает шум при работе грохота. Пневмобаллон представляет собой резинокордную оболочку, внутри которой помещена камера. [1]

Виброопоры

На данный момент в качестве виброопор в д/о оборудовании используют: цилиндрические, промышленные, демпферы, профили, вибропоглощающие маты. Самые распространенные виброопоры — виброопора ОВ-31 и ОВ-70, виброопора резинометаллическая. Виброопоры (или виброгасители) выполняют функцию демпфирующего элемента, поглощающая возникающие механические колебания. Виброопоры ОВ 70 (рис. 1) и ОВ 31 отлично зарекомендовали себя и повсеместно применяются на всех промышленных предприятиях, где есть в них необходимость, а невысокая их стоимость является дополнительным аргументом для их применения.

Устанавливаются опоры непосредственно на оборудование, путем вкручивания несущего болта в конструкцию станка. Регулировка высоты происходит за счет шага резьбы несущего болта.

Виброопоры ОВ-30, ОВ-70 используются в качестве активной и пассивной виброизоляции станков и прочего промышленного оборудования. Виброизолирующие опоры просты в установке и не требуют дополнительного технического обслуживания. При установке не требуется подготовка фундамента.

На рисунке 2 представлена виброопора серии RB. Используется при бесфундаментном размещении оборудования для активной и пассивной виброизоляции. В опорах выполнены отверстия в основании для фиксации их к размещаемой поверхности. Нагрузка от 9 до 2500 кг.

На рис. 3 представлена виброопора серии ЕС. Отличительная особенность данных промышленных виброопор — исполнение с защитой от механических повреждений, так же имеют отверстия для надежной фиксации к поверхности монтажа, нагрузка от 100 до 1000 кг.

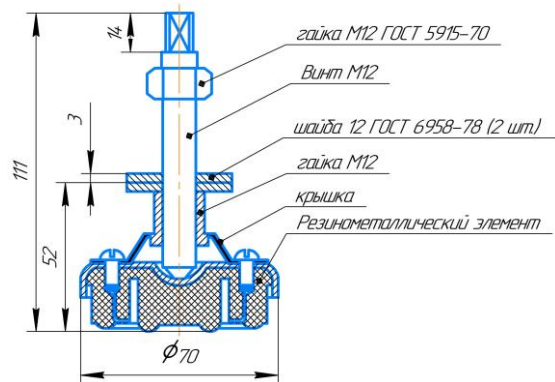


Рисунок 1 – Виброопора ОВ-70

Промышленные виброопоры серии RB

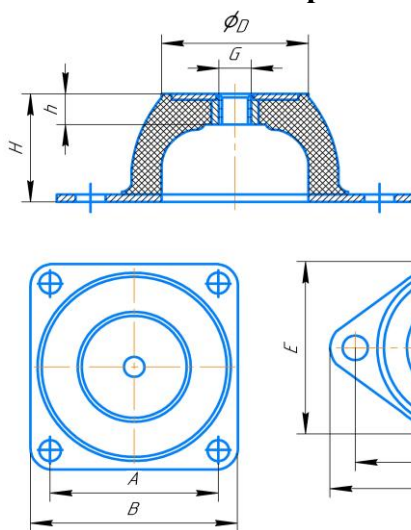


Рисунок 2 – Виброопора серии RB
Серия MG (Производство ЕС)

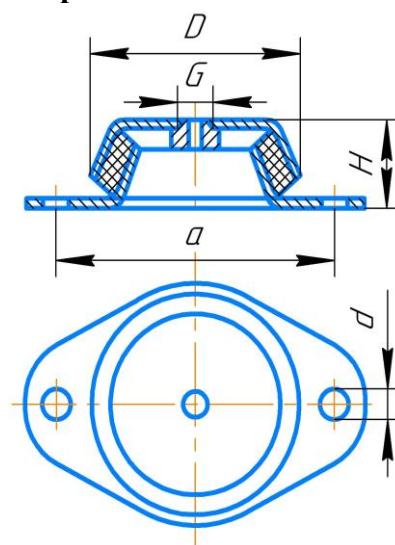


Рисунок 3 – Виброопора
серии EC

Вывод: Вибрации, возникающие при работе оборудования, влияют на качество продукции, повышают износ узлов, оказывают разрушающее действие на материалы. Биения особенно заметны при шлифовке. Защитой станет установка каждой единицы на виброопоры, препятствующих воздействию станков друг на друга, на твердое основание, сил обратной реакции. Для отдельных обрабатываемых механизмов разработаны различные типы таких опор.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://forpsk.ru/index.php/stati/oborudovanie/231>
2. <https://regionvtormet.ru/beton/vibroopory-dlya-stankov-i-oborudovaniya-vidy-naznachenie-i-preimushhestva-pravilno-vybrannyh-elementov.html>

КОНСТРУКЦИЯ НОЖЕВОГО ВАЛА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ УМЕНЬШЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

Технический прогресс в деревообрабатывающей промышленности, автоматизация и интенсификация технологических процессов, а также повышение качества и точности обработки древесных материалов предъявляют к режущему инструменту всё более высокие требования. Современный дереворежущий инструмент должен обеспечивать требуемую производительность, точность и качество обработки, обладать высокой износостойкостью, надёжностью и долговечностью, быть удобным в подготовке к эксплуатации, обладать минимальным шумообразованием.

Целью данной работы является усовершенствование деревообрабатывающего инструмента (ножевого вала), который должен отвечать современным требованиям производства.

Предлагается усовершенствование ножевого вала на примере фуговального продольно-фрезерного станка СФА-3. Суть совершенствования заключается в том, что ножи расположены по винтовой линии и наклонены на некоторый угол λ относительно оси ножевого вала. На рис. 1 представлена фреза с технологической винтовой линией.

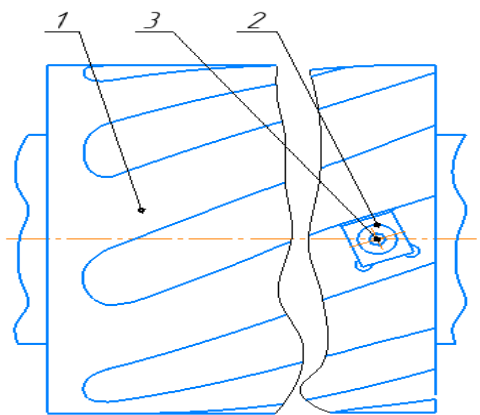


Рисунок 1 – Фреза с технологической винтовой линией

На технологических площадках ножевого вала 1 при помощи винтов 2 закреплены ножи 3, повернутые на некоторый угол λ к оси ножевого вала. С помощью поворота ножей относительно оси ножевого вала, можно добиться уменьшения ударных нагрузок на инструмент, что увеличит его долговечность, а также даст возможность получать

криволинейные поверхности [1]. Ножи изготавливаются из вольфраммокобальтового сплава ВК10УФ. Ножевой вал и элементы крепления из стали 40Х. Рассчитаем зависимость изменения радиуса фрезерования в зависимости от угла поворота ножа. Для этого зададимся некоторыми исходными данными.

Исходные данные: диаметр ножевого вала $D = 128$ мм, длина ножа $b = 15$ мм, угол поворота ножа $\lambda = 10, 20, 30, 40^\circ$.

Представим ножевой вал в виде схемы как некоторое тело вращения, показанное на рисунке 2:

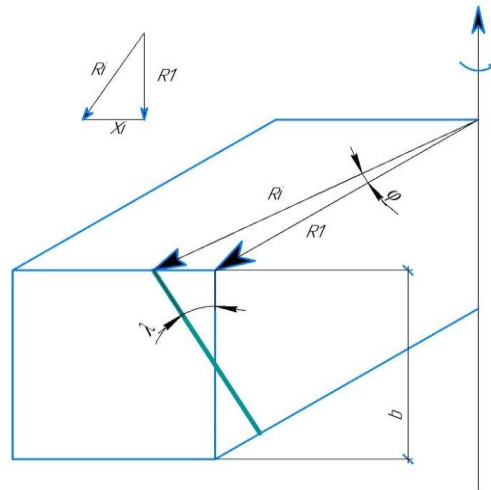


Рисунок 2 – Схема тела вращения

Определим расстояние x_i на которое переместиться нож при его повороте на угол λ :

$$x_i = \frac{b}{2} \cdot \sin \lambda_i, \text{ мм} \quad (1)$$

$$x_1 = \frac{15}{2} \cdot \sin 10 = 1,3, \text{ мм}$$

$$x_2 = \frac{15}{2} \cdot \sin 20 = 2,6, \text{ мм}$$

$$x_3 = \frac{15}{2} \cdot \sin 30 = 3,7, \text{ мм}$$

$$x_4 = \frac{15}{2} \cdot \sin 40 = 4,8, \text{ мм}$$

Определим радиус фрезерования ΔR_i :

$$\Delta R_i = \sqrt{x_i^2 + R_i^2}, \text{ мм} \quad (2)$$

$$\Delta R_1 = \sqrt{1,3^2 + 64^2} = 64,013 \text{ мм}$$

$$\Delta R_2 = \sqrt{2,6^2 + 64^2} = 64,053 \text{ мм}$$

$$\Delta R_3 = \sqrt{3,7^2 + 64^2} = 64,106 \text{ мм}$$

$$\Delta R_4 = \sqrt{4,8^2 + 64^2} = 64,179 \text{ мм}$$

График изменения радиуса фрезерования в зависимости от поворота ножа представлен на рис. 3:

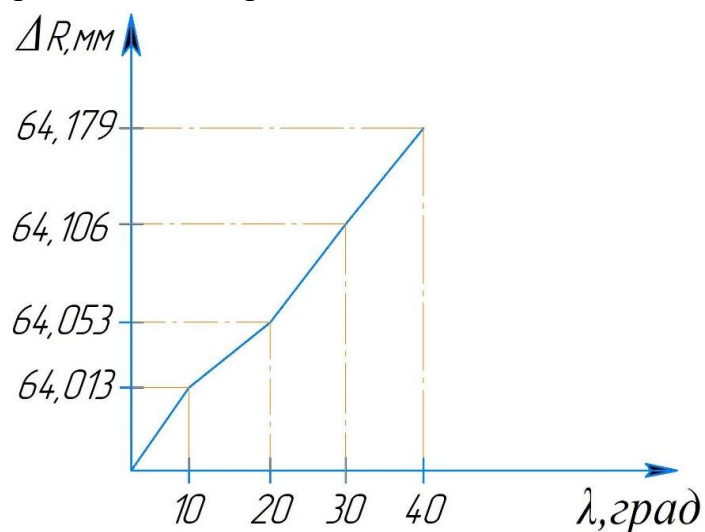


Рисунок 3 –График изменения радиуса фрезерования в зависимости от поворота ножа (осевого угла)

Классы шероховатости в зависимости от угла поворота представлены в таблице.

Таблица – Классы шероховатости в зависимости от угла поворота

Угол поворота ω_i	Радиус фрезерования R_i , мм	Шероховатость R_{tmax} , мкм	Класс шероховатости
1	2	3	4
10	64,013	20	8
20	64,053	70	5
30	64,106	130	4
40	64,179	210	3

Вывод. Меняя угол поворота ножа, ухудшается качество поверхности, но при этом уменьшается энергопотребление и ударные нагрузки при фрезеровании древесины, что увеличит период стойкости инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артамонов, Е. В., Василькович, В. А., Помигалова, Т. Е., Шестаков, Д. В. Расчёт и проектирование сборных фрез с технологической винтовой линией из сменных режущих пластин. Учебное пособие/ Под общей ред. М.Х. Утешева. – Тюмень: Издательство «Вектор Бук», 2008. –152 С.

УМЕНЬШЕНИЕ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ ПИЛ РАМНЫХ С СОХРАНЕНИЕМ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ ЗА СЧЕТ НАПРАВЛЯЮЩИХ

Рамное пиление – один из самых распространенных технологических процессов первичной обработки древесины и, как следствие, наиболее эффективный метод механической обработки.

Рамные пилы для пиления собираются в постав и устанавливаются в пильную рамку. Пилы в поставе стягиваются струбцинами, а между полотнами пил устанавливают прокладки, которые и задают толщину получаемого материала [1].

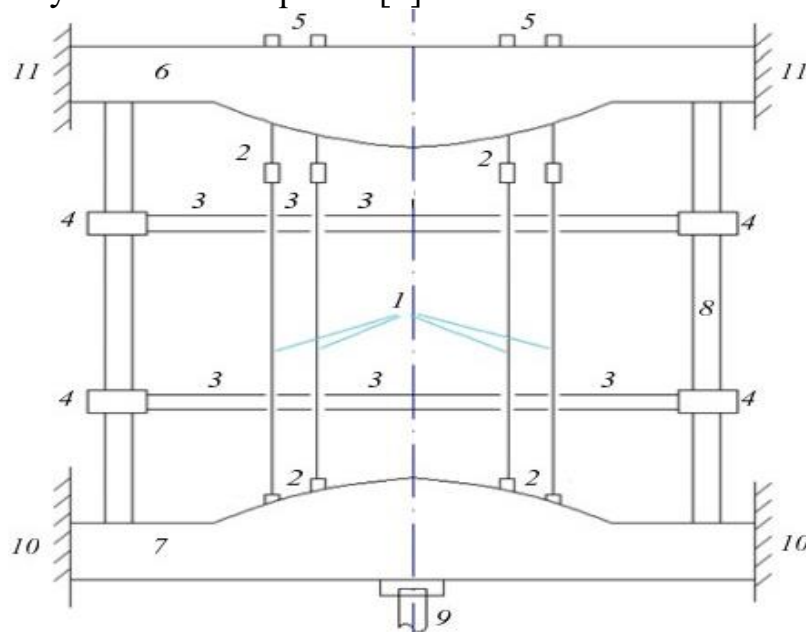


Рисунок 1– Схема установки пил рамных

Для нормальной работы пилы должны быть правильно установлены и надежно закреплены. Схема установки пил показана на рисунке 1. Пилы 1 устанавливаются в захваты 2, затем через прокладки 3 стягиваются в постав струбцинами 4 и натягиваются натяжными устройствами 5, расположенными на верхней поперечине 6. Пильная рамка состоит из верхней и нижней 7 поперечин, соединенных стойками 8, и приводится в движение шатуном 9 в нижних неподвижных направляющих 10 и верхних наклоняемых 11.

В продольном направлении пилы должны быть параллельны друг другу и направляющим пильной рамки. В поперечном направлении пилы должны быть параллельны между собой и рельсам впереди

рамной тележки и, кроме того, иметь свес (уклон) по направлению подачи.

Вследствие не точной установки рамной пилы в продольном или поперечном направлении качество обработки значительно ухудшается, увеличиваются нагрузки на узлы и детали станка, в результате чего ускоряется износ оборудования. На сегодняшний день это серьезная проблема в деревообработке.

Предлагается конструкция съемных направляющих устройств пил рамных, что позволит упростить и ускорить процесс установки пил в постав и его настройку, так как больше не будет необходимости использовать набор прокладок для настройки постава пил на толщину пиления.

Прототип конструкции рассмотрен в патенте [2]. Так же данная конструкция позволит уменьшить нагрузки на пильную рамку, так как свободная длина полотна пилы станет меньше, пилы больше не стягиваются струбцинами, в следствии чего, уменьшается масса пильной рамки и уменьшаются нагрузки [3,4].

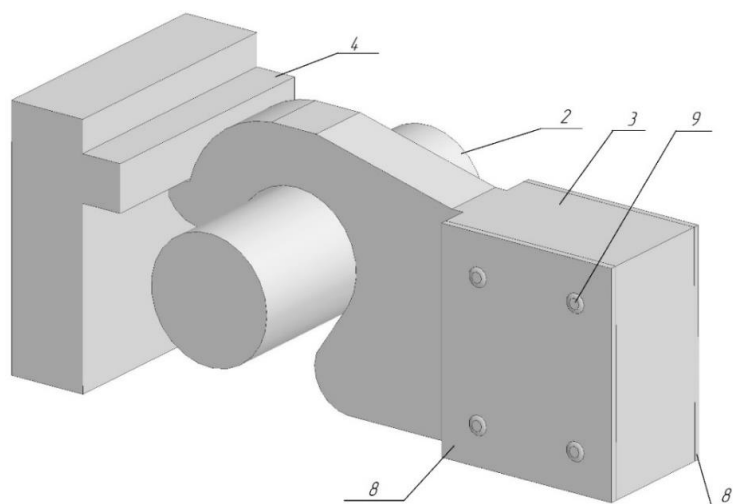


Рисунок 2 – Конструкция направляющего устройства

Направляющее устройство состоит из упора 4, оси установки 2, корпуса 3, накладок из термостойкого, антифрикционного материала 8, винтов крепления накладок 9.

Направляющие устройства 3 для полотна пилы 7 устанавливаются на оси 2, упираясь в рабочем (опущенном) положении в упор 4. Направляющие устройства 3 снизу устанавливаются немного ниже верхней части нижних подающих валцов 1, сверху направляющее устройство устанавливается на максимальную высоту пропила, выше верхних подающих валцов 5. Смена направляющих устройств, производится при отсутствии заготовки 6.

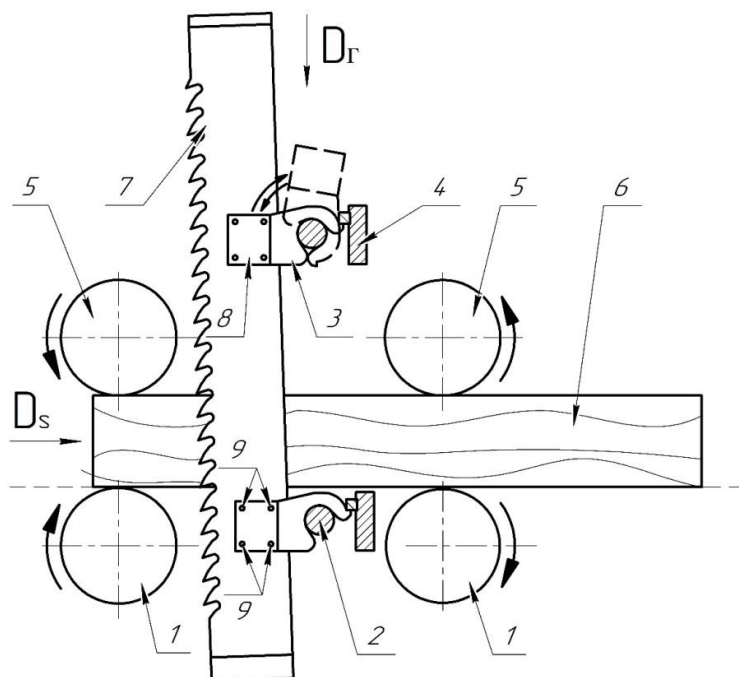


Рисунок 3 – Схема установки направляющего устройства

Вывод. С помощью данной разработки можно уменьшить свободную длину полотна рамной пилы, тем самым уменьшить затраты металла на изготовление рамной пилы. Так же, убирая струбцины с пильной рамки, мы снижаем ее вес, что положительно влияет на снижение динамических нагрузок.

Данная конструкция направляющих позволяет быстро настраивать станок на заданную толщину пиления, быстрее менять изношенный инструмент, увеличить точность пропила за счет большей стабилизации пилы в пропиле. Направляющие повышают устойчивость пилы в пропиле, что позволяет снизить натяжение полотен рамных пил.

ЛИТЕРАТУРА

1. Раповец, В. В. Проектирование и производство дереворежущего инструмента и заточного оборудования: конспект лекций / В.В. Раповец; БГТУ – Минск, 2009. – 120 С.
2. Патент № 4,635,513 United States Patent / McGeehee; California, 1987.
3. Бершадский, А. Л. Резание древесины: учеб. / А. Л. Бершадский, Н. И. Цветкова. – Минск: «Вышэйшая школа», 1975. – 304 С.
4. Амалицкий В. В. Деревообрабатывающие станки и инструменты / В. В. Амалицкий, В. В. Амалицкий. — М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 400 С.

КОНСТРУКЦИЯ СВЕРЛА ВИНТОВОГО СБОРНОГО

Современный дереворежущий инструмент должен обеспечивать требуемую производительность, точность и качество обработки, обладать высокой износостойкостью, надёжностью и долговечностью, быть удобным в подготовке к эксплуатации, обладать минимальным образованием шума.

В деревообработке для получения отверстий в основном используются винтовые сверла, так как размеры и формы режущей части винтового сверла не изменяются в результате периодических заточек. Наряду с этим винтовые сверла обеспечивают высокую производительность и качество сверления древесины. Винтовые сверла изготавливаются либо путём завивки специальной заготовки (витые сверла), либо путём фрезерования канавок в цилиндрическом стержне по винтовой линии (фрезерованные винтовые сверла), либо путём штампования [1].

Целью работы является техническое совершенствование сверлильного инструмента, улучшающее его эксплуатационные характеристики.

На рис.1 показана предлагаемая конструкция сверла винтового со съёмным режущим элементом.

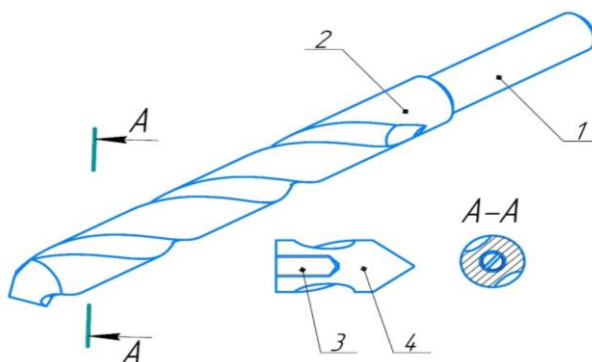


Рис. 1. – Сверло винтовое сборное со съёмным элементом.

Сверло состоит из хвостовика 1 и рабочей части 2, съёмный режущий элемент 4 крепится при помощи винта 3 к корпусу.

Рассмотрим некоторые расчеты при проектировании предлагаемой конструкции сверла, связанные с креплением съёмного элемента винтом [2,3].

Исходные данные: Материал сверла - сталь 40Х; допускаемое напряжение $[\sigma] = 400$ МПа; диаметр сверла $d = 15$ мм; касательная со-

ставляющая силы резания, действующая на винт $F = 76,27 \text{ Н}$, $[\tau] = 240 \text{ МПа}$.

Расчёт напряжения в корпусе сверла в зависимости от диаметра винта. Допускаемое напряжение сверла $[\sigma] = 400 \text{ МПа}$.

Рассчитаем площадь сечения сверла:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 15^2}{4} = 176,625 \text{ мм}^2; \quad (1)$$

где d – диаметр хвостовика, мм.

Рассчитаем площадь сечения винта с резьбой М4:

$$A_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} = 12,56 \text{ мм}^2;$$

где d_1 – диаметр сечения винта, мм.

Рассчитаем допускаемое напряжение от винта.

$$[\sigma_1] = \frac{F}{A - A_1} = \frac{760,27}{176,625 - 12,56} = 4,63 \text{ МПа}. \quad (2)$$

Рассчитаем площадь сечения винта с резьбой М6:

$$A_2 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 6^2}{4} = 28,26 \text{ мм}^2;$$

где d_2 – диаметр сечения винта, мм.

Рассчитаем допускаемое напряжение от винта.

$$[\sigma_2] = \frac{F}{A - A_2} = \frac{760,27}{176,625 - 28,26} = 5,12 \text{ МПа}.$$

Рассчитаем площадь сечения винта с резьбой М8:

$$A_3 = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} = 50,24 \text{ мм}^2;$$

где d_3 – диаметр сечения винта, мм.

Рассчитаем допускаемое напряжение от винта.

$$[\sigma_3] = \frac{F}{A - A_3} = \frac{760,27}{176,625 - 50,24} = 6,02 \text{ МПа}.$$

На рис. 2 представлена зависимость напряжения от диаметра винта.

Анализируя графическую зависимость рисунка 2 можно сделать вывод, что с увеличением диаметра крепежного винта увеличивается и напряжение в корпусе сверла.

Исходя из расчётов и конструктивных соображений для крепления режущей головки, будем использовать винт М8, так как $[\sigma_3] = 6,02 \text{ МПа} < [\sigma] = 400 \text{ МПа}$.

Расчёт винта на кручение:

Условие прочности на кручение имеет следующий вид:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} \leq [\tau]; \quad (3)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент, Н*мм;

W_p – полярный момент сопротивления, мм^3 ;

$[\tau]$ – допускаемое напряжение кручения, МПа.

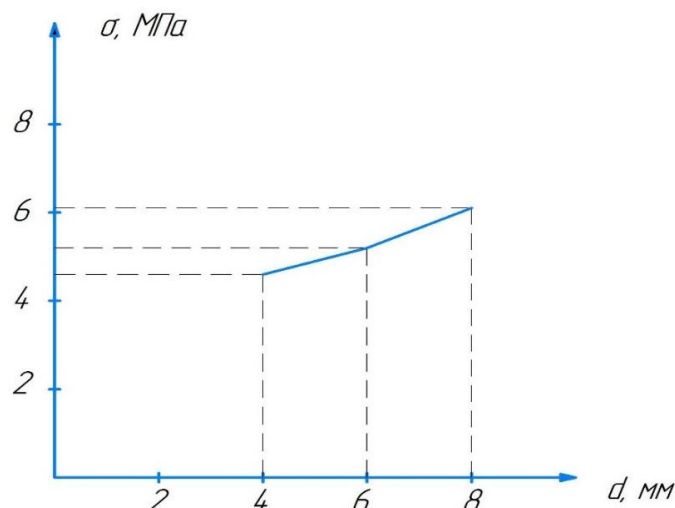


Рисунок 2 – График зависимости напряжения от диаметра винта

Определим крутящий момент:

$$M_{кр} = F \cdot R; \quad (4)$$

где F – сила, действующая на винт, Н;

R – радиус винта, мм.

Определим полярный момент сопротивления:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}; \quad (5)$$

где d – диаметр винта, мм.

$$M_{кр} = 76,27 \cdot 4 = 305,08 \text{ Н*мм.}$$

$$W_p = \frac{3,14 \cdot 8^3}{16} = 100,48 \text{ мм}^3.$$

$$\tau = \frac{305,08}{100,48} = 3,03 \text{ Н/мм}^2 \leq 240 \text{ Н/мм}^2.$$

Вывод

Используя съёмные режущие элементы, мы уменьшим затраты на материал при изготовлении инструмента, так как режущая часть сверла изнашивается примерно в 4 раза быстрее чем хвостовик и сократим время смены инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грубе, А.Э Дереворежущие инструменты / А.Э. Грубе. – М.: Лесная промышленность, 1971.
2. Дорожко, А. В., Ярмолик, С. В. Механика материалов и конструкций / - Минск: БГТУ, 2015. – 132 С.
3. Бельков В. Н Основы расчёта и конструирования винтовых механизмов / - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008. – 160 С.

ОБОСНОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ ОСИ КОГТЕВОЙ ЗАЩИТЫ ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ

В современных условиях производственной деятельности на деревообрабатывающих предприятиях травматизм, к сожалению, остается на высоком уровне. Ежегодно происходят десятки несчастных случаев разной степени тяжести, в том числе в среднем 2 - 3 несчастных случая со смертельным исходом. Особенно часто травматизм наблюдается при эксплуатации круглопильных деревообрабатывающих машин для продольной распиловки. В связи с тем, что на большинстве машин данной группы осуществляется встречное резание, то силы, возникающие при разрушении материала, стремятся выбросить заготовку в противоположную сторону направления движения подачи, то есть навстречу оператору.

Целью работы является определение диаметра оси когтевой за-весы в зависимости от инструментального материала и её длины.

Для предотвращения выброса заготовок из машины предусмотрены противовыбрасыватели (когтевые завесы). Они выполняются в виде завесы, набора пластин (когтей), заостренных со стороны контакта с древесиной и свободно качающихся на оси крепления (рис. 1), (1 – ось когтевой завесы, 2 – сегмент когтевой завесы, 3 – обрабатываемый материал).

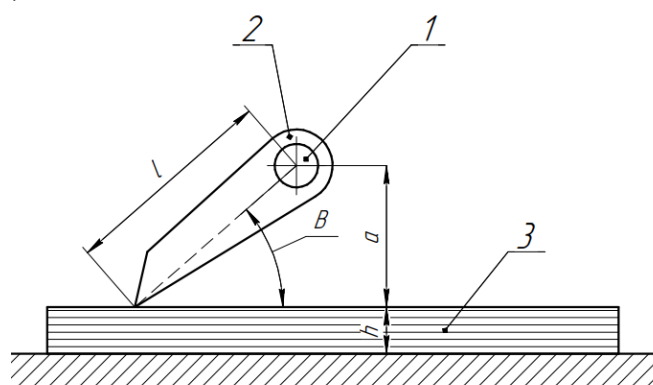


Рисунок 2 – Схема противовыбрасывателя (когтевой завесы)

При подаче заготовки в станок сегменты когтевой завесы свободно поворачиваются и скользят по поверхности древесины, не препятствуя ее движению. В случае попытки выброса заготовки пластины заостренной частью внедряются в древесину, и заготовка прекра-

щает движение (заклинивается) между когтями и поверхностью стола. Но существует такая особенность, что в момент обратного выброса заготовки, когти удерживают заготовку, а ось, на которой они крепятся, не выдерживает возникающих нагрузок, в результате чего она деформируется, что приводит к выбросу заготовки.

На текущий момент в нормативных документах нет определенности по основным конструктивным особенностям когтевых завес, в частности, рекомендации по диаметрам и материалам осей зубчатых завес строго не определены.

Так, существуют различные варианты крепления оси (далее балки) когтевой завесы. Например, возможные варианты: жестко заделанная балка с двух сторон (рис. 2); жесткая заделка – шарнирная опора (рис. 3); балка, закрепленная в подшипниковых опорах (рис. 4).

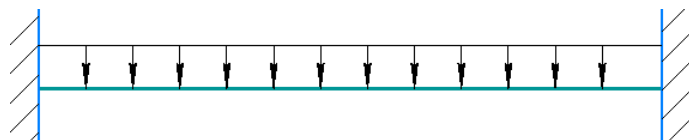


Рисунок 3 – Схема жестко заделанной балки с двух сторон

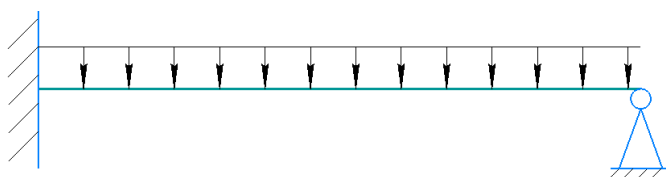


Рисунок 4 – Схема жесткая заделка – шарнирная опора

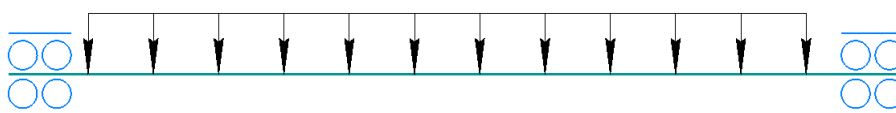


Рисунок 5 – Схема балка, закрепленная в подшипниковых опорах

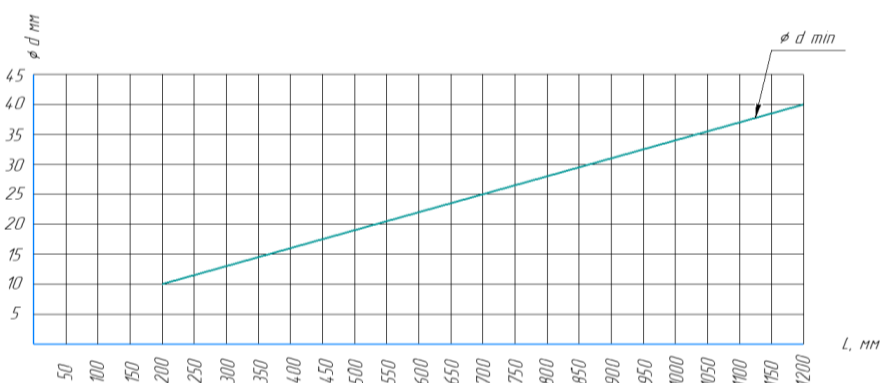


Рисунок 6 – График для определения минимального диаметра оси когтевой завесы

Согласно СТБ ЕН 1870-4-2006 «Безопасность деревообрабатывающих станков. Станки круглопильные. Часть 4. Станки многопо-

лотные для продольной резки с ручной загрузкой и / или выгрузкой» [1] диаметр d оси когтевой завесы определяется в зависимости от ее длины L (рис. 5), а сама ось должна изготавливаться из стали с минимальным пределом прочности при изгибе 570 Н/мм^2 .

На первоначальном этапе расчётов было принято решение начать с расчета балки на прочность при изгибе. Исходные данные: крепление балки – заделка – шарнир; $D = 16 \text{ мм}$; $L = 400 \text{ мм}$; материал – Сталь 45; распределенная нагрузка $q = 400 \text{ кг/м}$, взята в соответствии с максимально возможным импульсом, передаваемым заготовке [2]. Расчет показал, что прогиб балки составит $3,79 \text{ мм}$, при предельном прогибе $3,33 \text{ мм}$, что уже нарушает условие работоспособности.

Выводы. Рассматриваемый СТБ имеет недочеты, так как не учитывает возможные конфигурации крепления балки, то есть несовершенен по данным существующих конструкций оборудования. Требуется существенная доработка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность деревообрабатывающих станков. Станки круглопильные. Часть 4. Станки многополотные для продольной резки с ручной загрузкой и/или выгрузкой: СТБ ЕН 1870-4-2006. Введ. 01.01.2007. Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2006. С. 36.

2. Волкович Д. С. Расчет импульса и энергии заготовки, выбрасываемой при захвате дисковой пилой / Д. С. Волкович // 71-я научно-техническая конференция учащихся, студентов и магистрантов: тезисы докладов, 20-25 апреля 2020 г., Минск: в 4 ч. Ч. 2. - Минск: БГТУ, 2020. - С. 190-191.

УДК 674.055:621.914.2

Студ. А.Е. Городок

Науч. рук. зав. каф. А.С. Чуйков

(кафедра технологии и дизайна изделий из древесины, БГТУ)

ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИМЕНЯЕМОЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Виртуальная реальность (ВР, virtual reality, VR, искусственная реальность) – созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух, осязание и другие. Виртуальная реальность имитирует как воздействие, так и реакции на воздействие. Для создания убедительного комплекса ощущений реальности компьютерный синтез свойств и реакций виртуальной реальности производится в реальном времени.

Чтобы попасть в уникальный мир трехмерных изображений, необходимо использовать специальное оборудование и инструменты:

- Очки, используемые в комплексе со смартфоном
- VR-шлемы и очки с индивидуальным экраном
- Специальная перчатка или костюм
- VR-комната.

Принципы работы виртуальной реальности отражены в 3-х основных компонентах:

Движения головы. Для этого используется специальная гарнитура, отслеживающая движения и положение головы, в соответствии с чем меняется и картинка.

Направление тела и координация движения. Важно отслеживать не только повороты и наклоны головы, но и изменения координат всего тела, особенно это касается игр, в которых идет постоянное движение тела. Но это могут быть не только игры, а и специально разработанные Virtual Reality туры или создание каких-то дизайн-проектов строений и так далее.

Глаза. В новейшие системы VR встраивается чувствительный датчик, систематизирующий и анализирующий направление взгляда и движение глаза. Это позволяет выполнить максимально глубокое погружение в виртуальный мир.

Отслеживание (трекинг) головы в виртуальной реальности

Повороты головы сейчас отслеживаются с помощью гироскопа и угловых акселерометров ПО шлема считывает показания датчика с очень высокой частотой, и для пользователя результат выглядит так, будто он вертит головой в реальности. Так же отслеживаются наклоны головы. Все шлемы имеют отслеживание вращения головы в пространстве, это также называется 3DoF (три степени свободы). По сути, это основа работы любого VR-устройства. Пространственное отслеживание положения головы в VR. С помощью этой технологии в мире VR можно не только крутить головой, но и двигать ей вперед, назад, вверх, вниз, влево и вправо.

Первый вид трекинга используется в ранних шлемах для ПК В комнате расставляются специальные камеры-сенсоры либо базовые станции, которые улавливают ИК-излучение эмиттеров, расположенных на шлеме. Таким образом получается учитывать координаты шлема в пространстве.

Второй вид пространственного трекинга, так называемый «трекинг изнутри». Суть его в том, что камеры для определения положения в пространстве встраиваются уже в сам шлем. Далее они скани-

руют окружающую обстановку и уже по ее изменению «на лету» делают вывод о том, что пользователь сместил голову.

Такой подход избавляет от необходимости расставлять сенсоры или базы, а комплект со шлемом значительно удешевляется и уменьшается в размерах. Очевидно, что чем больше камер на шлеме, тем лучше они будут отслеживать изменение положения.

Принцип работы очков и шлемов.

Работа очков устроена следующим образом: внутри расположено две линзы, на которые транслируется изображение со смартфона или персонального компьютера. В зависимости от типа устройства, из ПК или телефона передается адаптированная картинка, отдельная для каждого глаза. Очки разделяют изображение, которое видит левый и правый глаз при помощи специальной перегородки.

Перчатки виртуальной реальности:

Такие перчатки оснащаются датчиками, позволяющими отслеживать движения кистей и пальцев рук. Технически это может быть реализовано различными методами: с использованием кабелей из оптоволокна, электрических датчиков, а также электромеханических приспособлений (таких как потенциометры). Например, ученые из компаний EPFL и ETH Zurich разработали ультралегкие перчатки (весом менее 8 граммов на каждый палец и толщиной всего лишь 2 мм). Они обеспечивают «чрезвычайно реалистичную тактильную обратную связь и могут быть запитаны от аккумуляторов, благодаря чему обеспечивается беспрецедентная свобода движения».

Костюм виртуальной реальности:

Этот костюм должен отслеживать изменение положения всего тела пользователя и передавать тактильные, температурные и вибрационные ощущения, а в комбинации со шлемом – зрительные и слуховые.

Запахи и вкусовые ощущения:

Работы по синтезу запахов ведутся уже не один год, но до широкого использования полученных результатов еще далеко. О каких-либо значимых достижениях в области передачи вкусовых ощущений говорить пока не приходится.

VR-комната:

Для полного погружения в виртуальную реальность необходимы проекторы, экраны и дополнительные компьютеры, 3D очки и системы управления с датчиками (джойстики, пульта на одну или две руки, перчатки). Так же нужна система распознавания пользователя в пространстве («Tracking»). Быстрый сигнал исходит из системы и ловит расположение датчиков в реальном пространстве, установленных

на очках и пультах пользователя. Затем сигнал отдаёт полученную информацию о их местонахождении обратно в Tracking. Тем самым определяется позиция пользователя в виртуальной среде.

Требования к компьютерам (минимальные требования Microsoft)

Процессор Intel Core i5 или двухъядерный эквивалент с поддержкой технологии многопоточности Hyperthreading;

Встроенный GPU Intel HD Graphics 620 (GT2) или более мощный GPU с поддержкой API DirectX 12;

Не менее 8 ГБ оперативной памяти;

Наличие порта HDMI 1.4 или HDMI 2.0 или DisplayPort 1.3 (и выше);

100 ГБ свободного пространства на жестком диске или SSD;

Наличие порта USB 3.0 Type-A или USB 3.1 Type-C, а также поддержка беспроводной связи Bluetooth 4.0 для подключения аксессуаров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чуйков, А.С. Моделирование объектов дизайна: лаб. практикум для студентов / А.С. Чуйков. – Минск: БГТУ, 2019. – 94 с.

2. Чуйков, А. С., Игнатович Л. В. Особенности проектирования трехмерных моделей и конструкций декоративных элементов мебели и их изготовления // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 1 (240). С. 156–161.

УДК 694.1

Студ. С.А. Равко

Науч. рук. доц. Л.В. Игнатович

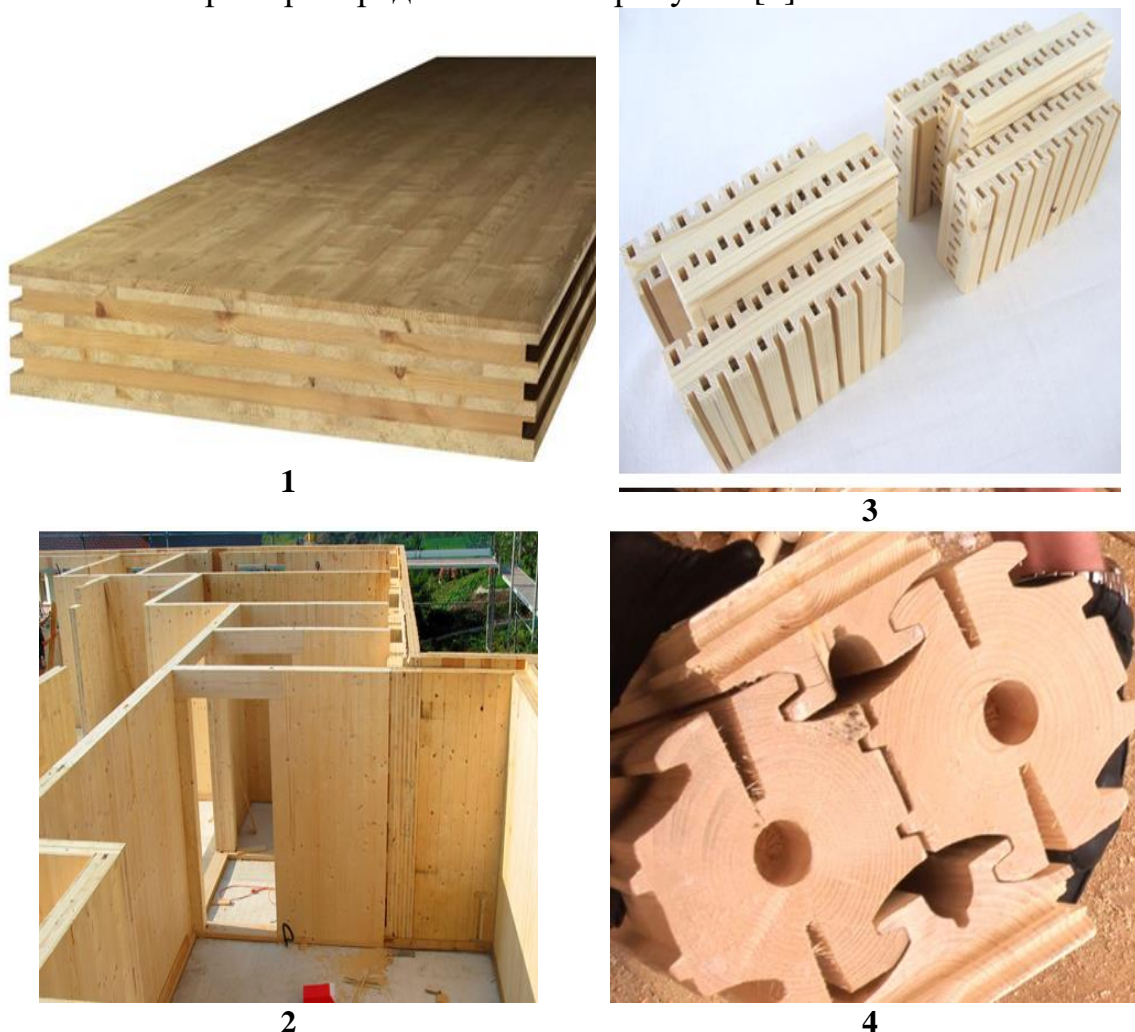
(кафедра технологии и дизайна изделий из древесины, БГТУ)

СОВРЕМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

Основным направлением в развитии отечественного малоэтажного деревянного домостроения является типологическое разнообразие домов, обусловленное социально-экономическими условиями и применением новых строительных материалов и конструкций, что требует детального анализа и объективных оценок.

Новые технологии и строительные материалы, применяемые в строительстве деревянных домов, отличаются большим разнообразием. Оценив их преимущества и недостатки, каждый потребитель сможет найти оптимальный вариант для своего будущего жилища [1]. Сегодня на рынке стройматериалов традиционные стеновые материалы

(бревна, брус, кирпич) испытывают серьезное конкурентное давление со стороны новых стеновых материалов, приобретающих несомненные преимущества за счет сокращения затрат на их изготовление и на монтаж стеновых конструкций из них. Современные технологии строительства деревянных домов: Cross Laminated Timber (CLT, перекрестно-склеиваемые панели), они же X-LAM, Унипанель, Massiv-Holz-Mauer (МНМ, массивная деревянная стена) и Naturi. Все эти технологии схожи в том, что стены собираются из отдельных деревянных элементов. Примеры представлены на рисунке [2].



**Рисунок 1 – Технологии строительства деревянных домов
(1 – CLT; 2 – Унипанель; 3 – МНМ; 4 - NATURI)**

Главные достоинства массивных деревянных панелей состоят в том, что дома, построенные из них, не подвержены усадке, у них нет проблемы с устранением щелей между венцами. Толщина получаемых панелей практически не ограничена, что дает возможность делать дома, которые будут удовлетворять постоянно ужесточаемым нормам по энергосбережению. Относительно небольшие размеры досок или

брусков, идущих на изготовление панелей, дают возможность получать их из леса более низкого качества без ущерба для итогового качества самих панелей [3].

Панели из перекрестно соединенных досок: CLT (cross laminated timber panels, X-Lam). От фанеры CLT отличается тем, что склеиваются не листы шпона, а отдельные ламели, такие же, какие используются и в производстве клееного бруса.

Ламели укладываются несколькими слоями, перпендикулярными друг другу, и склеиваются под прессом, оказывающим нагрузку на панели с четырех сторон. CLT-панели могут состоять из 3–12 слоев, при этом толщина панелей колеблется от 60 до 350 мм. Прочность CLT-панелей позволяет использовать их не только в качестве стен, но и в качестве перекрытий.

Унипанель. Тот же принцип перекрестно склеенной древесины используется и в панелях. Доски для изготовления Унипанель имеют глубокие продольные пропилы в обеих плоскостях, в результате чего профиль доски принимает форму многократно повторенной буквы S. Доска становится похожей на гармошку, которая под внешними нагрузками сможет слегка сжиматься или растягиваться без риска образования трещин. Пропилы позволяют снять любые напряжения, возникающие как в отдельной доске, так и во всей панели, склеенной из таких досок. Образовавшиеся пустоты делают панель более теплой и стойкой к сырости.

Massiv-Holz-Mauer (МНМ). Технология Massiv-Holz-Mauer родом из Германии. В МНМ, также, используются слои из ламелей, перекрестно уложенных слоями. Только соединяются ламели между собой не с помощью клея, а алюминиевыми штифтами.

Доски после сушки проходят механическую обработку, в ходе которой у них выбирается четверть по кромке, чтобы между досками не было щелей, а на верхней плоскости фрезеруются продольные бороздки для создания дополнительной воздушной прослойки.

Специальный станок формирует из обработанных таким образом досок щиты, укладывая доски в каждом следующем слое перпендикулярно предыдущему и сбивая алюминиевыми гвоздями. Алюминиевые гвозди используются, потому что алюминий является относительно мягким металлом, что позволяет в дальнейшем вырезать в панелях оконные и дверные проемы, формировать кабель-каналы и шлифовать их поверхность без ущерба для режущего инструмента станков и деформации древесины в месте установки гвоздя.

NATURI. Главный отличительный признак стены из Naturi® – вертикальное расположение профилированных элементов из массив-

ной древесины, сопряженных посредством выступов и пазов сложной формы.

Стены формируются из элементов двух исполнений – внутренних и лицевых. В австрийской технологии NATURI стена состоит не из ламелей, а из отдельных тонких брусков, имеющих специальный профиль, по форме напоминающий шестеренку.

Бруски устанавливаются вертикально, в шахматном порядке, вставляясь, как по салазкам, в пазы соседних брусков. Количество слоев, опять же, может быть практически любым. В отличие от описанных выше технологий, панели производятся не на заводе, а собираются из отдельных брусков прямо на стройплощадке. Это упрощает доставку и облегчает монтаж дома [4].

Заключение. Ускорить развитие на территории Беларуси производства эффективных (сбалансированных по качеству, цене, потребностям рынка и сырьевым возможностям) строительных инновационных материалов в сочетании с новыми технологиями домостроения, что позволит увеличить ассортимент строительной продукции, улучшить ее качество, а также снизить объем импорта, что в конечном итоге приведет к оптимизации стоимости строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ist der konventionelle Massivbau genauso ökologisch wie der Holzbau // SWISS KRONO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.swiss-krono.de/OekologischeHolzwerkstoffe/Elementbauweise/Bauen-mit-Holzwerkstoffen/Mauerwerk-oder-Holzbau-0628394449.html>. – Дата доступа: 21.11.2020.

2. Разновидности деревянных домов // Все о деревянных домах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bldd.ru/raznovidnosti-derevyannyh-domov>. – Дата доступа: 21.11.2020.

3. Виды деревянных домов // АПС-ДСК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.aps-dsk.ru/poleznoe/vidy_domov.html. – Дата доступа: 21.11.2020.

4. Обзор современных деревянных домов и технологий строительства // Палитра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://palitrabazar.ru/materialy-i-tehnologii/derevyannye-doma-sovremennye-tehnologii-stroitelstva.html>. – Дата доступа: 21.11.2020.

Студ. А.С. Антропова
Студ. М.А. Запасник
Науч. рук. доц. С.С. Гайдук
(кафедра технологии и дизайна изделий из древесины, БГТУ)

МОДА В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

Варианты применения древесины в интерьере не имеют границ – изделия из нее позволяют придать оригинальности любому помещению, независимо от стиля, в котором оно оформлено.

Сейчас, в окружении современных искусственных материалов простой и экологичный деревянный декор особенно актуален, он возвращает к истокам и дарит атмосферу близости к природе [1].

Один из основных модных трендов 2021 года в интерьере – это натуральность, экологичность и активное внедрение природных мотивов в интерьер. И наличие древесины здесь является одним из основополагающих моментов [2].

На рис. 1 представлены модные тренды в интерьере [3].

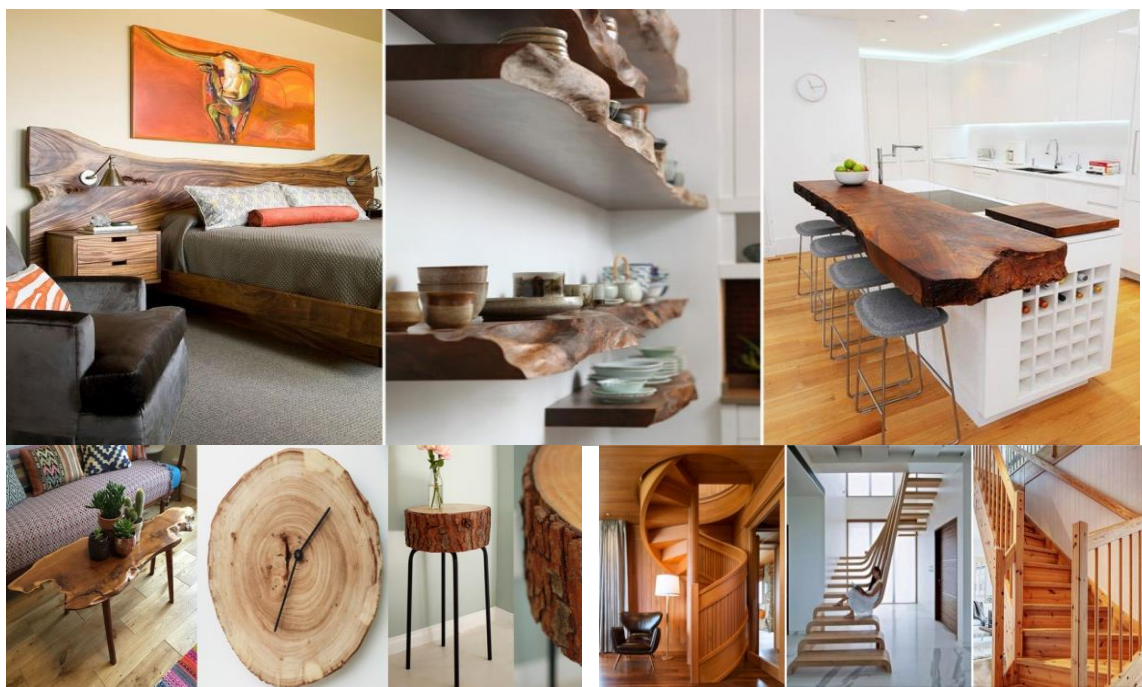


Рисунок 1 – Модные тренды в интерьере

1. *Мебель.* Как правило, в современных квартирах мебель играет огромную роль в формировании стиля внутреннего пространства жилища. Тем более, если это добротная, качественная мебель из ценных пород дерева. Шкафы, кровати, комоды, столы и стулья, диваны и кресла - эта мебель будет формировать характер остального декора.

2. *Балки.* Чрезвычайно эффектно дерево в интерьерах выглядит в виде потолочных балок. В зависимости от формы, размера и расположения они влияют на создание своеобразного визуального ритма и стиля помещения.

3. *Декор стен и пола деревом.* С помощью дерева можно декорировать и стены, и пол. Чрезвычайно богатым художественным элементом является торцевой спил дерева-кругляка. Такие плашки разного диаметра, уложенные на пол или стену, создают интересный декоративный эффект.

4. *Столешица из дерева.* Даже при повышенной температуре и влажности дерево не выделяет вредных паров; разделка продуктов на деревянной поверхности также безопасна. Кроме того, к дереву приятно прикасаться, в отличие от камня оно не охлаждается, а сохраняет тепло.

5. *Поддоны в интерьере.* Для жилого помещения придется паллету очистить, ошкурить и прогрунтовать, приобрести фурнитуру, краску и лак. Однако сторонники этого стиля уверяют, что поддоны могут не просто получить вторую жизнь, но и стать изюминкой интерьера.

6. *Перегородки из дерева.* Перегородка в квартире не обязательно должна быть функциональной, она может быть просто декоративной. Основная задача перегородок – зонирование пространства, поэтому разделять комнату стеллажной перегородкой или сплошной – решать только вам.

7. *Дерево в ванной комнате.* Многие осознанно отказываются от использования дерева в ванной комнате из-за повышенной влажности. Для отделки ванной комнаты выбирают специальные влаго- и водостойчивые породы, и обязательно пропитывают дерево специальными средствами, которые обеспечивают влагостойкость и защищают от образования разного рода грибков и плесени.

8. *Деревянные лестницы.* Деревянная лестница на второй этаж – вполне распространенный вариант оформления подъема в частном доме. Также практикуется строительство лестниц из фанеры. Этот материал хорош тем, что он, при меньшей толщине, обладает повышенной прочностью и стоит дешевле, чем массив. К тому же, качественная фанера является ударопрочной и влагостойкой.

9. *Игрушки из древесины.* Деревянные игрушки – это безопасно и современно (рис. 2). Многие родители отдают предпочтение изделиям, изготовленным из натурального сырья, в частности, из дерева. Тактильные впечатления, которые дети получают во время игры с деревянными игрушками, способствуют развитию мелкой моторики,

творческого мышления и фантазии. Это особенно необходимо детям до трех лет.

10. *Аксессуары и декор из дерева.* Посуда, часы, светильники, прикроватные столики, вешалки, полки, рамки для фотографий и множество других предметов – всё это способно привнести свою изюминку в дизайн эко-интерьера.



Рисунок 2 – Игрушки из древесины

Выводы. Деревянная мебель, деревянный пол или даже деревянные аксессуары добавляют теплоту и естественное ощущение к современному модному декорированию дома. Это своего рода накопитель и производитель положительной энергии. Квартира в отделке из натурального дерева будет способствовать снятию стресса, усталости и генерировать положительную энергетику дома, наполняя его живой силой природы.

К недостаткам деревянных конструкций стоит отнести то, что все они нуждаются в дополнительной обработке. Речь идет о нанесении противогрибковых, влагоустойчивых и огнеупорных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интернет портал РФ – [Электронный ресурс] – <https://dizain.guru/varianty-intererov/dekor-varianty-intererov/interernye-izdeliya-iz-dereva-1996>. Дата доступа: 15.04.2021.

2. Интернет портал РФ – [Электронный ресурс] – <https://realty.rbc.ru/news/5fc8e8569a7947082c3cf06b3>. Дата доступа: 15.04.2021.

3. Интернет портал РФ – [Электронный ресурс] – <https://gipermarketdom.ru>. Дата доступа: 15.04.2021.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЛОЖНЫХ ДЕКОРАТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Обработка декоративных элементов на фрезерных станках с числовым программным управлением (ЧПУ) помогает достичь совершенства в искусстве создания объемных декоративных изделий.

В процессе фрезерования применяется различного конструктивного исполнения многолезвийный режущий инструмент, который, как и сам станок, располагается в пространстве горизонтально или вертикально с тремя, четырьмя или пятью степенями свободы – геометрические оси взаимного перемещения инструмента и детали. Поскольку данный тип станков оснащен специальным поворотным механизмом, преобразующим движение, то помимо процесса фрезерования простых листовых материалов, также можно обрабатывать различные цилиндрические поверхности: производить точение труб и балясин, а также различные сувениры (например, шахматы).

Автоматические фрезерные станки с ЧПУ способны воспроизводить даже самые сложные декоративные элементы. Современные средства компьютерного моделирования и программное обеспечение позволяют создавать высокоточные трехмерные модели из обычных иллюстраций или оригинальных дизайнерских произведений, использовать размещенные в сети готовые файлы, а также разрабатывать уникальные прототипы изделий. Обработка сложных декоративных элементов на фрезерном станке с ЧПУ не требует прямого участия человека. Однако это не значит, что машина все делает сама. Достижение качественного результата зависит от компетентности сотрудника, занимающегося созданием управляющих программ.

Для функционирования станков с ЧПУ используется определенный формат компьютерного кода. Наиболее часто применяемые – это G- и M- коды. G-код задает направление и скорость перемещения фрезы, а M-код активизирует дополнительные функции станка. Действие самой программы необходимо как раз для того, чтобы объяснить станку, куда требуется переместить заготовку или шпиндель с инструментом для выполнения поставленной задачи. Управление элементами оборудования происходит за счет передачи электрических сигналов к приводным механизмам двигателей так, как написано в программе. Таким образом, станок совершает действия, предусмотренные оператором. Габаритные размеры изделия и сложность деко-

ративных элементов влияют на выбор оборудования и инструмента, необходимых для производства деталей. Также, при создании трехмерной модели важно учитывать физические и механические свойства материала, из которого в дальнейшем будет изготовлен конечный продукт.

Следует понимать, что обработка массивной древесины и обработка древесно-стружечных плит (ДСтП) на одном и том же станке с ЧПУ будет производиться по разным режимам. Для того, чтобы выполнить фрезерование поверхности, частота вращения шпинделя должны быть в диапазоне от 18000 до 22000 об/мин, а скорость от 600 до 1000 мм/мин в плоскости XY и 120-240 мм/мин по оси Z. В качестве инструмента рекомендуется применять двухзаходные фрезы с диаметром от 3 до 6 мм. Если работа производится однозаходной фрезой, рекомендуется за один проход инструмента убирать не более 5 мм материала обрабатываемого изделия, при работе с двухзаходной фрезой за один проход инструмента удаляется уже в два раза больше материала. При несоблюдении данных рекомендаций присутствует риск возникновения прижогов на обрабатываемом материале, что приведет к ухудшению эстетического вида изделия. При должной квалификации оператора управление станком с ЧПУ становится очень простым и безопасным.

Технология производства сложных декоративных элементов на станках с ЧПУ.

Этапы подготовки производства не зависят от сложности изделия (например, икона, панно, барельеф или фигурная резьба на мебельном фасаде) и остаются как правило неизменны:

- выбирается виртуальная 3D-модель с нужной резьбой. Такие модели делают профессиональные дизайнеры и художники или конструктора на предприятии. Сегодня немалое количество уже готовых моделей можно найти на просторах интернета бесплатно;
- виртуальная модель помещается в файл будущей программы для обработки – задаются размеры заготовки, указывается направление текстуры и высота (глубина) вспомогательных элементов;
- полная обработка разделяется на несколько этапов фрезеровки (черновую и чистовую). Для каждого из этапов выстраивается траектория движения рабочего инструмента;
- каждой траектории соотв. определен тип инструмента;
- каждому этапу обработки соответствуют свои режимы резания
- выполняется моделирование обработки. Этот этап применяется для выявления ошибок – то есть не требуется изготавливать пробное изделие;

○ созданная программа помещается в программу для преобразования файла САD в управляющую программу для ЧПУ (экспорта файла программы контроля в «понятной» форме для системы станка с ЧПУ).

Один из самых современных способов ускорить изготовление сложных декоративных элементов – использование фрезерных станков с ЧПУ, оборудованных устройствами, позволяющими в автоматическом режиме менять инструмент. Система данного типа позволяет произвести загрузку в специальный магазин (или другое приспособление для смены инструмента) набор фрез, необходимый для полного цикла обработки изделия. Во время выполнения всех технологических операций, управляющая программа в автоматическом режиме производит смену инструмента не останавливаясь, и не нуждаясь во вмешательстве оператора. Такая замена инструмента позволяет не только экономить время, но и способствует повышению точности обработки, так как не требуется изменять положение заготовки и инструмента. Использование четырех- и пятикоординатных станков для фрезерования декоративных элементов – на данный момент более продвинутая технология. Благодаря дополнительным степеням свободы рабочий инструмент имеет возможность без дополнительного перезакрепления заготовки производить обработку более сложных элементов и сократить продолжительность её обработки.

Таким образом, использование современного оборудования позволяет выполнять самые сложные декоративные элементы с большой точностью, минимальным количеством операций, включая замену инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология обработки на фрезерных станках с ЧПУ. 5-координатная фрезерная обработка сложных фасонных поверхностей. URL: <https://interlaser.ru/frezernye-stanki/262-tekhnologiya-obrabotki-na-frezernykh-stankakh-s-chpu-5-koordinatnaya-frezernaya-obrabotka-slozhnykh-fasonnykh-poverkhnostej> (дата обращения: 27.03.2021).

2. Обработка рельефных форм на фрезерном станке с ЧПУ. URL: <https://infofrezer.ru/stati/obrabotka-relefnykh-form-na-frezernom-stanke-s-chpu/> (дата обращения: 27.03.2021).

3. Фрезерный станок с ЧПУ неограниченные возможности обработки рельефных форм. URL: <https://interlaser.ru/frezernye-stanki/450-frezernyj-stanok-s-chpu-neogranichennye-vozmozhnosti-obrabotki-relefnykh-form> (дата обращения: 27.03.2021).