УДК 674.213 DOI: 10.18324/2077-5415-2019-1-120-124

Механизация технологического процесса формирования лицевого покрытия паркетных изделий

А.Р. Бирман[a], С.А. Угрюмов[b], Н.А. Белоногова[c]

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова,
Институтский пер. 5, Санкт-Петербург, Россия
[a]birman1947@mail.ru, [b]ugr-s@yandex.ru, [c]birman1947@mail.ru
[a]https://orcid.org/0000-0002-1693-0515, [b]https://orcid.org/0000-0002-8077-3542,
[c]https://orcid.org/0000-0003-3967-6174
Статья поступила 14.01.2019, принята 8.02.2019

В статье рассмотрена технология формирования лицевого покрытия с укладкой паркетных планок ортогонально ориентированными квадрами на поточной линии, обеспечивающей повышение качества сборки при отсутствии ручного труда. В предложенной линии ряд подготовленных планок разделяется на квадры со взаимно перпендикулярным расположением за счет периодического воздействия толкателя специальной формы и поворота квадров относительно упора за счет действия сил трения о ленту транспортера. В технологическом процессе формирования лицевого покрытия ряд подготовленных планок двигается по ленточному транспортеру между направляющими, и разделение на квадры осуществляется за счет воздействия толкателя специальной формы относительно упора. Дано теоретическое описание процесса разворота квадров, обусловленного силами трения между ними и лентой транспортера в продольном и поперечном направлениях, а также силами трения между квадрами и упором. Получены дифференциальные уравнения движения квадров с учетом действующих сил и координат расположения на ленточном транспортере, на основе которых установлено, что угол поворота квадров преимущественно зависит от соотношения коэффициентов трения между ними и транспортерной лентой, а наибольший угол разворота квадров на упоре достигается при максимальном увеличении коэффициента трения в зоне мгновенного центра вращения квадра.Оптимальная высота упора лежит в пределах 0,3…0,4 длины планки. На основе теоретических положений разработано распределительно-поворотное устройство для формирования лицевого паркета в составе механизированной поточной линии для изготовления щитового паркета, обеспечивающей исключение ручных операций на всех этапах производственного процесса, а также повышение производительности труда и качества выпускаемой продукции.

Ключевые слова:древесина; паркетные изделия; квадр; щит; линия изготовления паркета; механизация.

Mechanization of the technological process of forming the front coating of parquet products

A.R.Birman[a], S.A. Ugryumov[b], N.A. Belonogova[c]

St. Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov; 5, Institutsky Per., St. Petersburg, Russia
[a]birman1947@mail.ru, [b]ugr-s@yandex.ru, [c]birman1947@mail.ru
[a]https://orcid.org/0000-0002-1693-0515, [b]https://orcid.org/0000-0002-8077-3542,
[c]https://orcid.org/0000-0003-3967-6174
Received 14.01.2019, accepted 18.02.2019

The article deals with the technology of formation of the front cover with laying parquet planks orthogonally arranged quadras on the production line, which provides an increase in the quality of assembly in the absence of manual labor. In the proposed line, a number of prepared strips are divided into quadras with a mutually perpendicular arrangement due to the periodic action of the pusher of a special shape and the rotation of the quadras relative to the stop due to the action of friction forces on the conveyor belt. In the technological process of forming the front cover a number of prepared strips move along the belt conveyor between the guides, the division into quadras is carried out due to the impact of the pusher of a special shape relative to the stop. A theoretical description of the process of reversal of the quadras, due to the friction forces between them and the conveyor belt in the longitudinal and transverse directions, as well as the friction forces between the quadras and the stop is given. Differential equations of quadra motion are obtained taking into account the acting forces and location coordinates on a belt conveyor, on the basis of which it is established that the angle of rotation of quadras mainly depends on the ratio of the friction coefficients between them and the conveyor belt, and the greatest angle of rotation of quadras on the stop is achieved with the maximum increase of the coefficient of friction in the zone of the instantaneous center of rotation of the quadra. The optimum height of the stop lies within 0.3 ... 0.4 bar length. On the basis of theoretical positions the rotary device for formation of a front parquet as a part of the mechanized production line for production of a panel parquet is developed. The use *of a rotary device ensures the exclusion of manual operations at all stages of the production process, increasing productivity and improving the quality of products.*

Keywords: wood; parquet products; quadr; shield; parquet production line; mechanization.

Введение

Из выпускаемых промышленностью паркетных изделий с наборным лицевым покрытием наиболее перспективными являются паркетные доски (ПД) и паркетные щиты (ПЩ), в которых могут быть использованы короткомерные пиломатериалы, кусковые отходы и низкосортная древесина хвойных и лиственных пород [1]. Рентабельность производства ПД и ПЩ составляет 31%, тогда как рентабельность производства штучного паркета не превышает 12% [2]. Трудоемкость устройства полов из ПД и ПЩ существенно ниже по сравнению с укладкой штучного паркета [3].

Оценивая современное оборудование для производства паркета, следует отметить научные и конструкторские достижения по созданию высокопроизводительных станков, режущего инструмента и передовых технологий механической обработки сборочных элементов паркета. Последующий процесс формирования лицевого покрытия изучен недостаточно. Существующие образцы оборудования для выполнения этой операции малопроизводительны, конструктивно сложны, громоздки и дороги. В результате названный процесс в подавляющем большинстве случаев осуществляется вручную. При этом ручные операции формирования и сборки лицевого слоя паркета признаны одними из наиболее трудоемких, монотонных и утомительных[4]. Проведенный анализ особенностей оборудования для формирования лицевого покрытия наборного паркета показал, что их основными и определяющими узлами являются делительно-поворотные механизмы, выделяющие из последовательного ряда отдельных планок их порции с последующим формированием выделенных порций в композиционный рисунок [5;6]. Одна из наиболее распространенных композиций элементов лицевого покрытия ПЩ характеризуется расположением паркетных планок «в шашку», т. е. ортогонально ориентированными квадрами (порциями, образующими квадрат). Такая композиция выгодно подчеркивает даже слабо выраженную текстуру древесины лицевой поверхности планок и позволяет использовать для устройства полов, удовлетворяющих современным эстетическим требованиям к интерьеру жилых и общественных зданий, не только древесину ценных пород, но и относительно недорогую древесину березы [7].

Описание делительно-поворотного механизма для производства лицевого покрытия паркета. Предлагаемый делительно-поворотный механизм базируется на станине конвейера, лента которого перемещает ряд планок, ориентированных поперечной щетью. На этой же ленте указанные механизмы формируют ряд квадров, порции планок в которых расположены перпендикулярно к планкам соседних элементов [8].

Процесс выделения делительно-поворотным устройством порции квадров из ряда планок, ориентированных на конвейере поперечной щетью, иллюстрирует рис. 1.

Ряд подготовленных планок *1* двигается по ленточному транспортеру *2* со скоростью $V_{тр}$ между направляющими *3*, достигая упора *4*. В исходном положении толкатель планок *5* занимает положение, показанное на рис. 1 пунктиром, и не препятствует прямолинейному движению планок. Далее за счет усилия привода ступенчатый толкатель *5* движется над лентой транспортера *1* и рабочими поверхностями *А* и *Б* выталкивает порцию планок для образования двух квадров. Движение толкателя *5* осуществляется до момента потери квадром перед поверхностью *А* контакта с упором *4*, после чего указанный квадр лентой транспортера *2* перемещается неразвернутым в створ направляющих *6*.

Второй квадр, выдвинутый толкателем *5* из ряда планок *1* рабочей поверхностью *Б*, за счет сил трения о ленту транспортера разворачивается и также попадает в створ направляющих *6*, где занимает упорядоченное положение в ряду квадров, чередующихся повернутыми и неповернутыми.

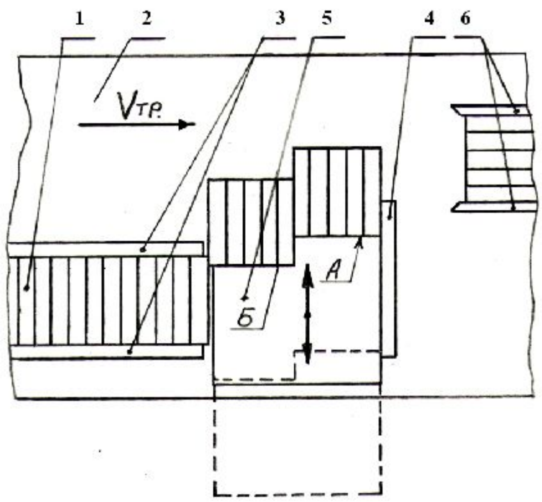


Рис. 1. Делительно-поворотное устройство

Теоретическое описание процесса поворота квадров. Для описания процесса разворота квадра будем считать его цельной квадратной пластиной. Обозначим половину стороны квадрата через *a*, расстояние от центра тяжести до рабочей поверхности толкателя в исходном положении — через P_0. Тогда $0<P_0<a$ (рис. 2).

Процесс разворота квадра начинается с чистого вращения относительно точки О упора. При достижении некоторого угла φ квадр, продолжая вращение, начинает скользить относительно упора. Расстояние от середины стороны квадра до вершины упора *P* увеличивается и приобретает значение $P_0 \le P \le a$. При $P=a$ квадр выходит из контакта с упором, и его вращение прекращается.

Движение квадрата обусловлено силами трения между ним и лентой транспортера в продольном направлении F_1 и поперечном направлении F_2, а также силами трения между квадратом и упором F_3:

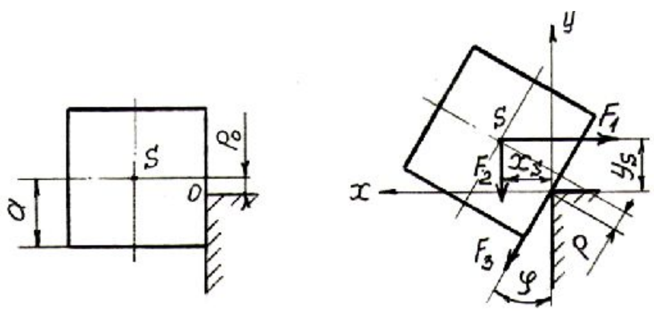
$$F_1 = f_1 G, \quad (1)$$

$$F_2 = f_2 G, \quad (2)$$

$$F_3 = f_3(F_1 \cos\varphi + F_2 \sin\varphi) = G\,(f_3 f_1 \cos\varphi + f_3 f_2 \cos\varphi), \quad (3)$$

где f_1, f_2, f_3—коэффициенты трения; G—вес квадрата.

Обобщенными координатами, однозначно определяющими положение квадрата относительно упора, будут P и φ.



а *б*

Рис. 2. Процесс разворота квадратной пластины на упоре: *а*—исходное положение; *б*—в процессе поворота

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{P}}\right) - \frac{\partial T}{\partial P} = Q, \quad (4)$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}}\right) - \frac{\partial T}{\partial \phi} = M, \quad (5)$$

где T—кинетическая энергия системы; Q—обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате P; M—обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате φ.

Координаты центра тяжести квадрата найдем через обобщенные координаты:

$$x_s = a \cos\varphi - P \sin\varphi, \quad (6)$$

$$y_s = a \sin\varphi - P \cos\varphi. \quad (7)$$

Дифференцируя по времени выражения (6), (7), получим:

$$\dot{x_s} = -\dot{\phi}\; a \sin\varphi - \dot{\phi}\; P \cos\phi - \dot{P} \sin\phi, \quad (8)$$

$$\dot{y_s} = \dot{\phi}\; a \cos\phi + \dot{\phi}\; P \sin\phi - \dot{P} \cos\phi. \quad (9)$$

Кинетическая энергия системы будет иметь вид:

$$T = \frac{1}{2} m\left(\dot{x_s^2} + \dot{\varphi_s^2}\right) + I \frac{\dot{\phi}^2}{2}, \quad (10)$$

где m—масса квадрата; I—момент инерции квадрата относительно центра тяжести.

Подставив (8), (9) в выражение (10), получим:

$$T = \frac{1}{2} m\left(\dot{\phi}^2 a^2 + \dot{\phi}^2 P^2 + 2\,\dot{\phi}\,\dot{P} a + \dot{P}^2\right) a + I \frac{\dot{\phi}^2}{2}. \quad (11)$$

Обобщенные силы согласно формулам (4), (5) определим из выражений виртуальных работ на возможных перемещениях:

$$Q = F_1 \sin\varphi - F_2 \cos\varphi - F_3 =$$
$$= mg\,(f_1 - f_2 f_3) \sin\varphi - mg\,(f_1 + f_2 f_3) \cos\varphi, \quad (11)$$

$$M = F_1 y_s - F_2 x_s =$$
$$= mg\,(a f_1 + P f_2) \sin\varphi + mg\,(P f_1 - a f_2) \cos\varphi. \quad (12)$$

Используя формулы (11), (12), подставляя их в уравнения (4), (5) и имея в виду, что для квадрата $I = \frac{2}{3} a^2 m$, получим дифференциальные уравнения движения:

$$a\,\ddot{\phi} + \ddot{P} - P\,\dot{\phi}^2 =$$
$$= g[(f_1 - f_2 f_3) \sin\phi - (f_1 + f_2 f_3) \cos\phi], \quad (13)$$

$$\left(\frac{5}{3} a^2 + P^2\right) \ddot{\phi} + 2P\,\dot{P}\,\phi + a\ddot{P} =$$
$$= g\,[(a\,f_1 + P f_2) \sin\phi + (P f_1 - a f_2) \cos\phi]. \quad (14)$$

Решая систему уравнений (13), (14) при начальных условиях t=0, φ=0, P=P_0 (где t—время), можно получить зависимости φ=φ(t) и P=$P(t)$, по которым определяются значения углов поворота квадрата, соответствующие моменту выхода квадрата из зацепления с упором. При этом величина P достигает своего максимального значения P=a. Задаваясь различными значениями P_0, можно найти оптимальные значения, при которых угол поворота φ будет максимальным при определенных коэффициентах трения. Анализ полученных уравнений позволяет сделать выводы, необходимые для практического конструирования устройств набора лицевого покрытия ПЩ.

В технике известно явление различия сопротивления перемещения тела вдоль и поперек несущей поверхности. Подобное явление наблюдается в процессе перемещения планок в продольном и поперечном направлениях по транспортерной ленте и зависит от отношения η коэффициентов f_1 и f_2 [9]. Отношение η определяется как соотношение плеч сил трения. Учитывая, что f_2 = ηf_1, получим:

$$\operatorname{tg}\phi = \frac{f_3 + \eta}{1 - \eta f_3}. \quad (15)$$

Из выражения (15) можно сделать важный вывод: угол поворота не зависит от абсолютных значений коэффициентов трения между квадратом и транспортерной лентой (коэффициентов f_1 и f_2), а только от их соотношения. Эта величина соотношения невелика ($\eta \approx 0{,}025$), и ее можно не учитывать [10]. Тогда для конкретных конструкторских задач можно принять:

$$\mathrm{tg}\ \phi \approx f_3 \longrightarrow \mathrm{tg}\ \phi \approx \mathrm{tg}\varphi_{тр} \longrightarrow \phi = \phi_{тр}, \quad (16)$$

где $\varphi_{тр}$—угол трения между квадратом и упором.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

–наибольший угол разворота квадров на упоре достигается при максимальном увеличении коэффициента трения в зоне мгновенного центра вращения квадра;

–оптимальная высота упора P лежит в пределах 0,3÷0,4 длины планки.

Следует отметить, что окончательный доворот заготовки, предварительно развернутой на угол φ_{max}, близкий к 1,57 рад (90^0) до угла φ_{max}=1,57 рад, не является конструктивно сложной задачей и осуществляется на конвейере применением, например, параллельных направляющих, расположенных за распределительно-поворотным устройством.

Технологическая линия для изготовления щитового паркета. На основании результатов проведенных исследований разработано распределительно-поворотное устройство для формирования лицевого паркета, которое вошло в состав механизированной поточной линии для изготовления щитового паркета (рис. 3).

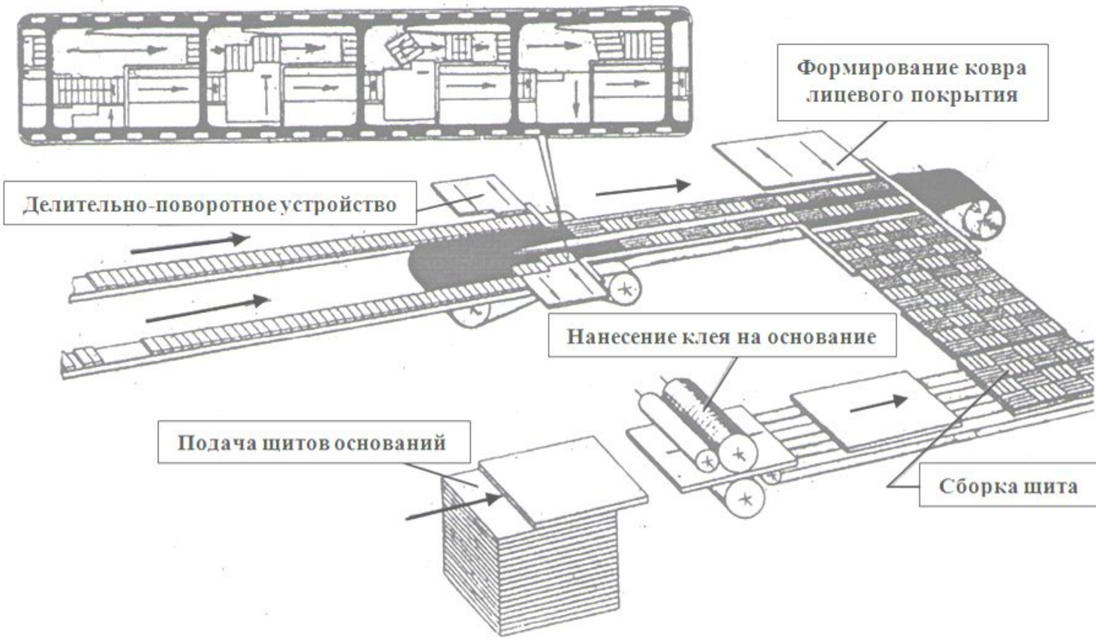


Рис. 3. Линия для изготовления щитового паркета

Вывод

Использование предложенной линии изготовления щитового паркета обеспечивает исключение ручных операций на всех этапах производственного процесса и, как следствие, повышение производительности труда и качества выпускаемой продукции.

Литература

1. Алинин Б.К. Паркетные полы. М.: Аделант, 2000. 336 с.

2. Теличко А.А. Паркетные работы. М.: Гамма Пресс, 1999. 224 с.

3. Матвиенков Г.М. Деревянные полы: моногр. М.: МГУЛ, 2008. 449 с.

4. Базанов Л.Ф. Технология производства паркета. Конструкции паркета, состав, технические характеристики и планировочные изображения оборудования. М.: МГУЛ, 2003. 48 с.

5. Бирман А.Р. Теоретическое и экспериментальное обоснование технологии и параметров оборудования для облицовочных деревянных покрытий. СПб: СПбГЛТА, 2001. 156 с.

6. Бирман А.Р. Производство облицовочных деревянных покрытий из низкосортной древесины. СПб: СПбГЛТА, 2001. 124 с.

7. Кошелева Н.А., Шейкман Д.В. Паркетные полы с высокими прочностными свойствами из малоценной лиственной древесины // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. 180 с.

8. Бирман А.Р. Механизация процесса формирования лицевого покрытия щитового паркета // Деревообрабатывающая промышленность. 2003. № 1. С.16-17.

9. Бирман А.Р., Гудцев Р.И., Ерошкин А.Н., Ефимов Ю.П. Кинематика устройства для набора лицевого слоя паркета // Машины и инструменты деревообрабатывающих производств: меж вуз.сб. науч. тр. / СПбГЛТА. Л., 1980. Вып. 7. С. 54-56.

10. Бирман А.Р., Гудцев Р.И., Ерошкин А.Н., Ефимов Ю.П. Исследование процесса разворота деталей на конвейере с помощью упора // Станки и инструменты деревообрабатывающих производств: меж вуз. сб. науч. тр. / СПбГЛТА. Л., 1982. Вып. 9. С. 64-68.

References

1. Alinin B.K. Parquet floors. M.: Adelant. 2000. 336 p.

2. Telichko A.A. Parquet works. – M.: Gamma Press. 1999. 224 p.

3. Matvienkov G.M. Wooden floors: monograph. M.: MSFU. 2008. 449 p.

4. Bazanov L.F. Technology for the production of parquet. Parquet structures, composition, technical characteristics and planning images of the equipment. M.: MSFU. 2003. 48 p.

5. Birman A.R. Theoretical and experimental substantiation of the technology and parameters of the equipment for facing wooden coverings. SPb: SPbFTA, 2001. 156 p.

6. Birman A.R. Production of wood-based coatings from low-grade wood. SPb: SPbFTA, 2001. 124 p.

7. Kosheleva N.A. Sheikman D.V. Parquet floors with high strength properties of low-value sheet wood // Modern problems of science and education. 2014. No. 4. 180 p.

8. Birman A.R. Mechanization of the process of formation of the face covering of the panel parquet // Woodworking industry. 2003. No. 1. P. 16-17.

9. Birman A.R., Gucev R.I., Eroshkin, A.N., Efimov Y.P. Kinematics of the device to set the surface layer vapor-chum // Machinery and tools of woodworking industry: interuniversity collection of scientific papers. L.: FTA. 1980. Vol. 7. P. 54-56.

10. Birman A. R., Gucev R. I., Eroshkin, A. N., Efimov Y.P. Study of the process of turning parts in conway-re by using the focus // Machinery and tools of woodworking industry: interuniversity collection of scientific papers. L.: FTA, 1982. Vol. 9. P. 64-68.