

Исследование физико-механических свойств ДСтП периодического и непрерывного способа прессования

Е.В. Кантиева^{1а}, Л.В. Пономаренко^{1б}, А.Ю. Мануковский^{1с}, О.А. Пузанова^{2д}

¹ Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, ул. Тимирязева, 8, Воронеж, Россия

² Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия

^а ekantieva@mail.ru, ^б ponomarenko.lara@mail.ru, ^с mayu1964@mail.ru, ^д puzanova-olga@rambler.ru

^а <https://orcid.org/0000-0001-8352-1941>, ^б <https://orcid.org/0000-0003-1353-2033>,

^с <https://orcid.org/0000-0003-4289-6581>, ^д <https://orcid.org/0000-0001-9681-5041>

Статья поступила 07.10.2024, принята 30.10.2024

В статье рассматривается вопрос влияния способа прессования древесностружечных плит на их физико-механические свойства. Исследования проводились на промышленных плитах двух способов прессования — периодического в многоэтажных прессах и непрерывного в ленточных прессовых установках. Условия процесса прессования в таких прессах отличаются, что сказывается на распределении плотности по толщине плиты и, соответственно, на качественных показателях. У древесностружечных плит контролировали следующие показатели: плотность, профиль плотности, влагопоглощение, разбухание по толщине, предел прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты, предел прочности при статическом изгибе, удельное сопротивление выдергиванию шурупов из пласти и из кромки, удельное сопротивление нормальному отрыву наружного слоя. Для определения физико-механических свойств использовали стандартные методики испытаний. Результаты показали, что все исследуемые плиты соответствуют требованиям ГОСТ 10632-2014 «Плиты древесно-стружечные. Технические условия». Плиты периодического способа прессования имеют более высокую плотность. Профиль плотности плит периодического и непрерывного прессования различается. Наружные слои более уплотнены, а внутренний слой более «рыхлый» у плит непрерывного прессования, также у них наблюдается больший разброс плотности по толщине, чем у плит периодического способа. Древесностружечные плиты периодического способа прессования имеют более высокие значения удельного сопротивления выдергиванию шурупов и нормальному отрыву наружного слоя. Плиты непрерывного способа прессования имеют более высокую прочность на изгиб и растяжение перпендикулярно к пласти плиты. Стоит отметить, что непрерывный способ прессования позволяет получить древесностружечные плиты стандартного качества при меньшей плотности, а, значит, меньшем расходе сырья.

Ключевые слова: древесностружечная плита; плотность; способ прессования; профиль плотности; прочность.

Investigation of the physical and mechanical properties of the particle board made with periodic and continuous pressing methods

E.V. Kantieva^{1а}, L.V. Ponomarenko^{1б}, A.Yu. Manukovsky^{1с}, O.A. Puzanova^{2д}

¹ Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov; 8, Timiryazev St., Voronezh, Russia

² Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

^а ekantieva@mail.ru, ^б ponomarenko.lara@mail.ru, ^с mayu1964@mail.ru, ^д puzanova-olga@rambler.ru

^а <https://orcid.org/0000-0001-8352-1941>, ^б <https://orcid.org/0000-0003-1353-2033>,

^с <https://orcid.org/0000-0003-4289-6581>, ^д <https://orcid.org/0000-0001-9681-5041>

Received 07.10.2024, accepted 30.10.2024

The article considers the issue of the influence of the method of pressing particle board on the physical and mechanical properties of the plates. The research is carried out on industrial plates using two pressing methods: periodic in multi-storey presses and continuous in belt presses. The conditions of the pressing process in such presses vary, which will affect the density distribution over the thickness of the plate and, accordingly, the quality indicators. The following parameters are controlled for chipboard: density, density profile, moisture absorption, thickness expansion, tensile strength perpendicular to the plate formation, tensile strength under static bending, resistivity to pulling screws out of the formation and from the edge, resistivity to normal separation of the outer layer. Standard test methods are used to determine the physical and mechanical properties. The results show that all the studied plates comply with the requirements of GOST 10632-2014 "Chipboard plates. Technical conditions". The plates of the periodic pressing method have a higher density. The density profile of periodic and continuous pressing plates varies. The outer layers are more compacted, and the inner layer is more "loose" for continuous pressing plates, they also have a greater density variation in thickness than for plates of the periodic method. Particle boards of the periodic pressing method have higher values of the specific resistance to pulling out screws and the specific resistance to normal opening of the outer layer. Plates of the continuous pressing method have a higher bending and tensile strength perpendicular to the plate formation. It is worth noting that the continuous pressing method allows one to obtain chipboard of standard quality with a lower density, and, therefore, a lower consumption of raw materials.

Keywords: particle board; density; pressing method; density profile; strength.

Введение. Производство древесностружечных плит (ДСтП) — один из динамично развивающихся секторов деревообрабатывающей промышленности. И, несмотря на сложные внешнеполитические условия, рост производства ДСтП, по данным Росстата, в 2023 г. составил 6,9 % [1].

Ассоциация предприятий мебельной и деревообрабатывающей промышленности России говорит об объемах производства ДСтП в 926 усл. м³ за прошедший год [2].

В настоящее время на территории России действует более 40 предприятий по производству ДСтП, оснащенных прессами различного принципа действия.

Чаще всего используются одно- или многоэтажные прессы периодического прессования и ленточные проходные прессы, в которых стружечный ковер формируется между двумя стальными лентами.

Условия прессования в таких прессах отличаются. В прессах периодического действия температура нагревательных плит остается постоянной на протяжении всего цикла прессования. Это приводит к «разрыхлению» наружных слоев ДСтП за счет деструкции связующего в контактирующих с плитами пресса поверхностях [3; 4]. В непрерывных ленточных прессах температура плит пресса варьируется, что обусловлено технологией производства. Загружается стружечно-клеевый ковер при невысокой температуре, чтобы не произошло преждевременного отверждения связующего. Технологией предусматривается дальнейшее постепенное повышение температуры до полной упрессовки ковра. Для исключения негативного влияния парогазовой смеси на прочность плиты температура в конце цикла прессования снова снижается [5]. Диаграммы изменения давления при использовании периодического и непрерывного прессов также значительно отличаются [5].

Современным производством выпускаются трехслойные ДСтП. На внутренний слой используется стружка более крупных размеров, тем самым улучшаются показатели по сопротивлению выдергиванию шурупов. На внешние слои идет более мелкая стружка, и это в большей степени обусловлено степенью шероховатости поверхности для последующего прочного соединения с облицовочными слоями. Поэтому древесностружечные плиты имеют разную плотность по толщине. [6] Наружные слои ДСтП уплотняются сильнее внутренних [5; 7]. Это происходит за счет размеров стружки в слоях, а также за счет разных параметров прессования оборудования проходного и периодического действия. Особенности изменения температуры и давления в процессе прессования ДСтП будут отражаться не только на распределении плотности по толщине, но также скажутся на их физико-механических свойствах [8; 9].

Показатели качества ДСтП регламентируются ГОСТ 10632-2014 «Плиты древесно-стружечные. Технические условия» [10]. Ранее профессором Е.М. Разиньковым проводились исследования физико-механических свойств ДСтП и столешниц для кухонной мебели [11; 12]. Основными параметрами исследований являются плотность, влажность, прочность при статическом изгибе, при растяжении перпендикулярно

плоскости, водопоглощение, разбухание по толщине, удельное сопротивление выдергиванию шурупов, удельное сопротивление нормальному отрыву наружного слоя [12; 13].

Прочность на изгиб является ключевым параметром, определяющим надежность материала, поскольку в большинстве случаев плиты подвергаются изгибающим нагрузкам. Адгезионная прочность склеивания древесных частиц после прессования ДСтП характеризуется прочностью при растяжении перпендикулярно к плоскости плиты. При изготовлении облагороженных ДСтП методами ламинирования или каширования важную роль играет прочность сцепления наружных слоев плит, характеризующаяся удельным сопротивлением нормальному отрыву наружного слоя. Причина кроется в том, что при изменении уровня влажности внутри плит и при перераспределении влаги в наружных слоях возникают значительные напряжения сдвига, которые могут привести к отслоению наружного слоя плит вместе с облицовочным материалом [7]. Удельное сопротивление выдергиванию шурупов характеризует способность плит удерживать ввинченные в них шурупы. Водопоглощение и разбухание по толщине характеризуют стабильность ДСтП при взаимодействии с водой.

Плотность будет оказывать самое существенное влияние на физико-механические свойства ДСтП. С увеличением плотности повышаются прочностные показатели, водопоглощение уменьшается, а разбухание возрастает.

В связи с этим исследование распределения плотности по толщине, а также влияние послойной плотности на физико-механические показатели ДСтП непрерывного и периодического прессования является актуальной задачей.

Цель работы — исследование влияния способа прессования на основные физико-механические свойства ДСтП.

Материалы и методы. Для эксперимента были взяты плиты промышленного производства на базе прессов непрерывного прессования компаний «Шведский стандарт» (плита № 1), ООО «Эггер Древпродукт Гагарин» (плита № 2), АО «Череповецкий фанерно-мебельный комбинат» (плита № 3) и периодического прессования ЗАО «Муром» (плита № 4), ГК «Свеза» (Кострома) (плита № 5). Все исследуемые древесностружечные плиты имели одинаковую номинальную толщину 16 мм, шлифованные с двух сторон, марки Р2 (для использования внутри помещения).

Отбор образцов для определения физико-механических свойств ДСтП производили в соответствии с ГОСТ 10633-2018 «Плиты древесностружечные и древесно-волоконные. Общие правила подготовки и проведения физико-механических испытаний» [15]. Для каждого вида испытаний было подготовлено определенное количество образцов (табл. 1).

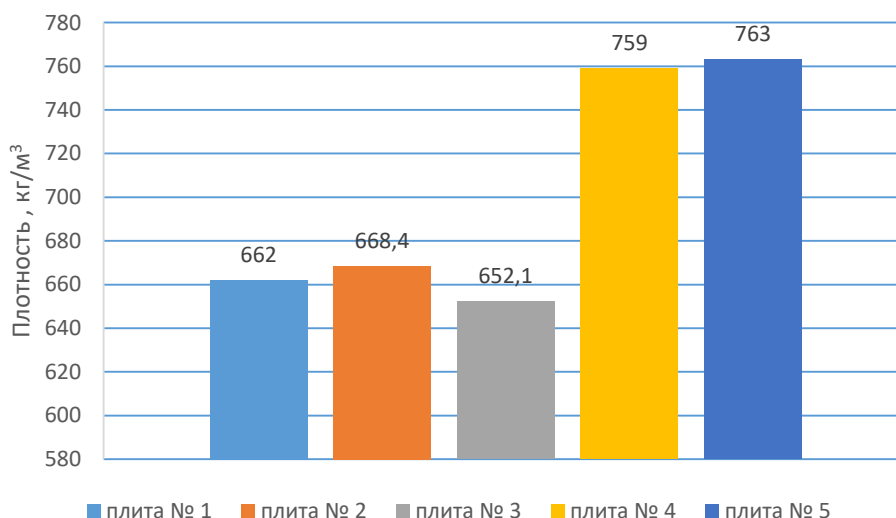
Определение плотности, разбухания по толщине, водопоглощения проводили в соответствии с ГОСТ 10634-88 «Плиты древесностружечные. Методы определения физических свойств» [16].

Таблица 1. Количество образцов, выпиленных из плит, в зависимости от вида испытания

Показатель	Количество образцов
Плотность	6
Водопоглощение	8
Разбухание по толщине	8
Предел прочности при изгибе	6
Предел прочности при растяжении перпендикулярно к плоскости плиты	8
Удельное сопротивление выдергиванию шурупов:	
из пласти	4
из кромки	4
Удельное сопротивление нормальному отрыву наружного слоя	4

Испытания древесностружечных плит на механические свойства проводили по стандартным методикам [17–20]. Использовали разрывную машину МР-05 со специальными приспособлениями.

Результаты определения плотности по ГОСТ 10634-88 приведены на рис. 1.

**Рис. 1.** Плотность плит

Результаты. Эксперимент показал, что средняя плотность исследуемых плит лежит в пределах 650–760 кг/м³. Наибольшую плотность имеют плиты № 4 и 5 периодического производства — 759 и 763 кг/м³ соответственно. Плотность плит непрерывного способа производства более низкая по сравнению с плитами периодического способа и составляет от 652 до 662 кг/м³ в зависимости от производителя.

В действующем ГОСТ 10632-2014 значение плотности плит является справочным, 550–820 кг/м³, а номинальное значение плотности устанавливает изготовитель в технической документации на конкретные плиты.

Из этого можно сделать вывод, что для обеспечения требуемых прочностных показателей плиты, изготовленные с использованием периодических прессов, должны иметь повышенную плотность.

Параллельно плотность определяли на лабораторной установке контроля профиля объемной плотности *GreConDax 6000* (табл. 2). Незначительные отклонения значений связаны с тем, что образцы для определения плотности отбирались из разных зон плит по формату. Стандарт на ДСтП допускает предельное отклонение плотности по плоскости плиты в любом месте в пределах $\pm 10\%$.

Результаты определения послойной плотности на установке *GreConDax 6000* для всех плит как непрерывного, так и периодического прессования показали идентичный характер профиля плотности по сечению образцов. На рис. 2, 3 приведены графики распределения плотности плит непрерывного и периодического способа прессования.

Таблица 2. Плотность ДСтП

Метод определения плотности	Производитель				
	Плита № 1	Плита № 2	Плита № 3	Плита № 4	Плита № 5
ГОСТ 10634-2018	662	668,4	652,1	759	763
На лабораторной установке <i>GreConDax 6000</i>	664	667	645	718	758

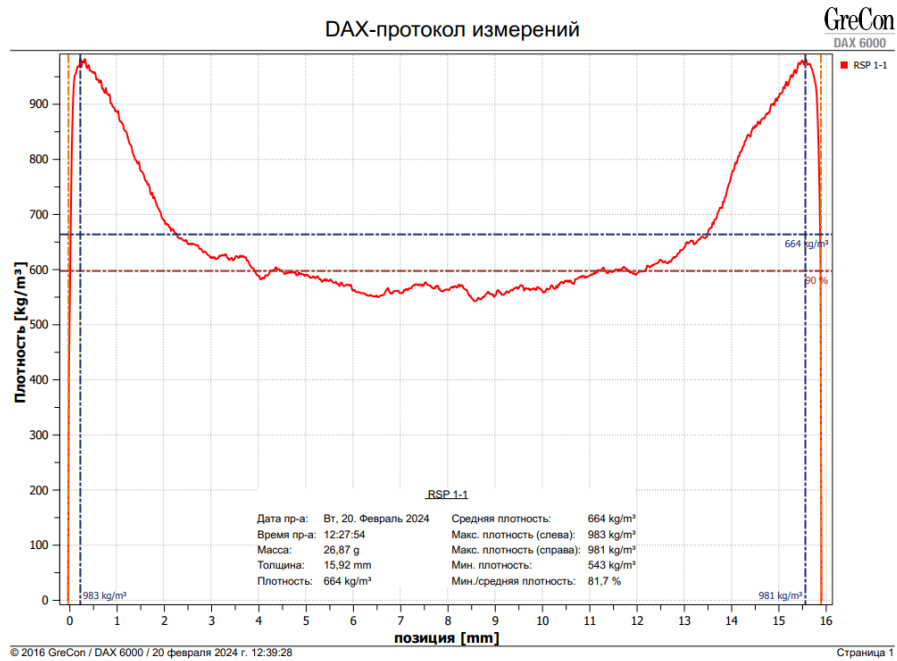


Рис. 2. Распределение плотности ДСтП непрерывного способа прессования (плита № 1)

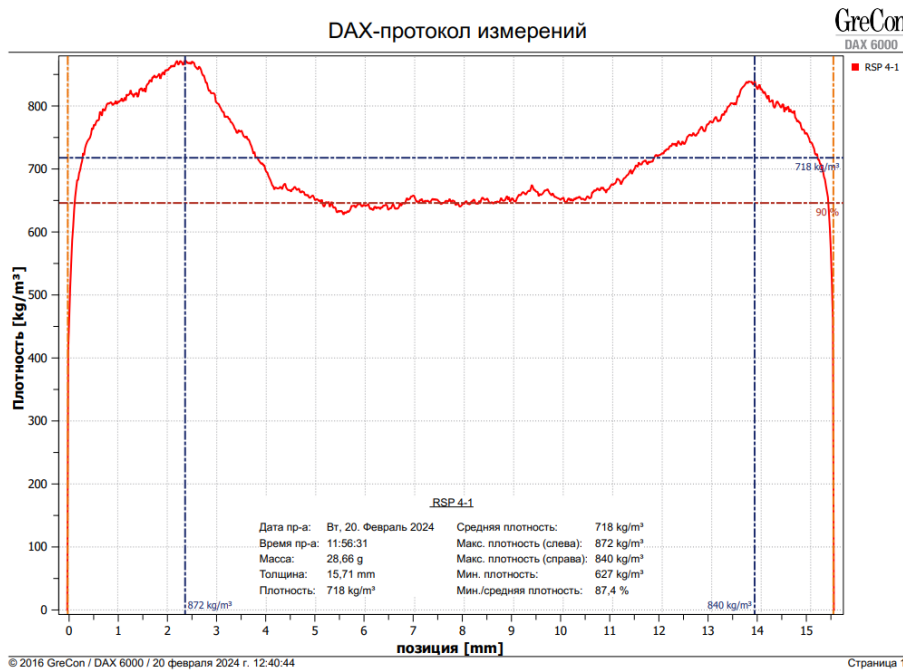


Рис. 3. Распределение плотности ДСтП периодического способа прессования (плита № 4)

Профиль плотности всех исследуемых образцов показывает более высокие значения плотности в наружных слоях и более низкую в центральном слое.

Наибольшая плотность у плит № 1, 2, 3 расположена на расстоянии 0,1–0,4 мм от поверхности плиты. Максимальная плотность у плит № 4, 5 находится на расстоянии примерно 2 мм от поверхности плиты. Причем разница между левой и правой стороной у плиты № 4 (рис. 3) существенная — 1,6 и 2,3 мм соответственно. И если плотность левой и правой сторон профиля плит № 1–3 практически одинаковая (2–5 кг/м³), то у плит № 4, 5 разброс плотности до 32 кг/м³. Вероятно, это может быть связано с неравномерным отверждением связующего в верхнем и нижнем слое ДСтП,

так как загрузка стружечных пакетов осуществляется в горячий пресс, и нижняя сторона плит нагревается раньше.

На представленных графиках проведены дополнительные горизонтальные линии, показывающие среднюю плотность (верхняя) и соотношение минимальной плотности к средней 90%. Данное соотношение для плит непрерывного прессования составляет 79–82% в зависимости от производителя и 85–88% — для плит периодического прессования. Т. е. плиты непрерывного способа производства имеют больший разброс плотности по толщине.

Плиты непрерывного способа производства при равной средней плотности с плитами периодического

способа прессования имеют большую плотность наружных слоев и меньшую — центрального слоя. Это означает, что при непрерывном способе прессования наружные слои плит уплотняются сильнее, а внутренний имеет более рыхлую структуру.

Результаты определения водопоглощения и разбухания по толщине приведены на рис. 4, 5.

Водопоглощение исследуемых ДСтП находится в пределах 70–100 %. Наибольший показатель имеет плита № 1, наименьший — у плиты № 2 (вероятно, в их составе имеются гидрофобные добавки). Несмотря на высокую плотность, древесностружечные плиты непрерывного прессования показали водопоглощение на уровне плит периодического способа прессования, имеющих плотность на 100 кг/м^3 меньше.

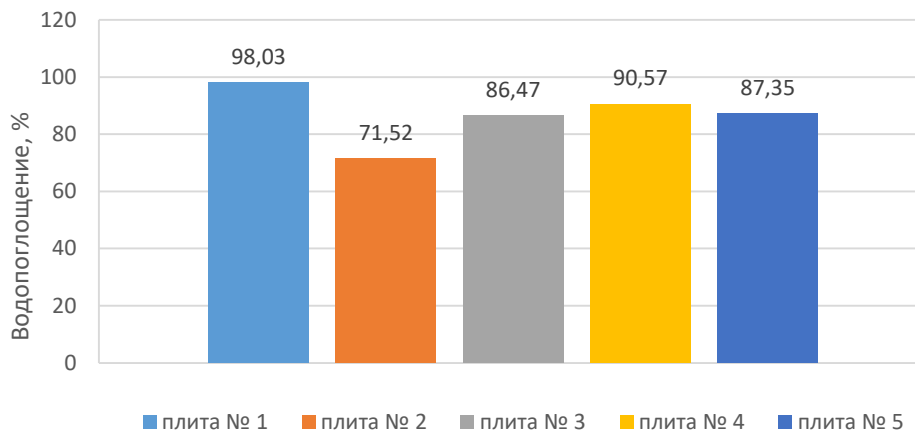


Рис. 4. Водопоглощение плит

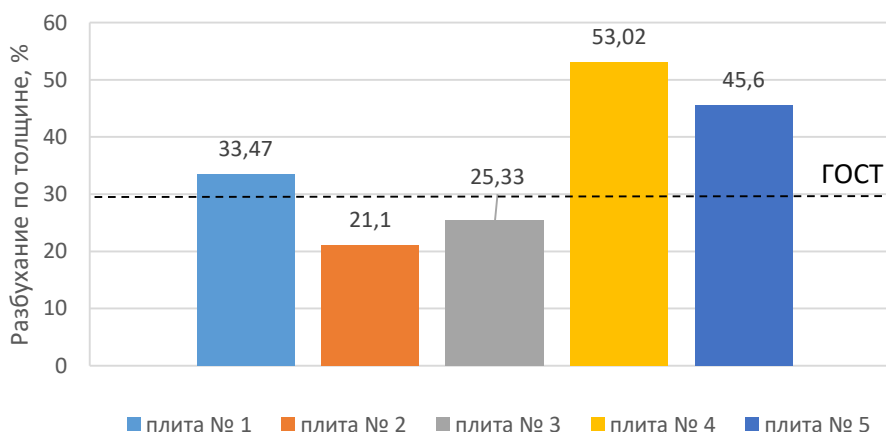


Рис. 5. Разбухание по толщине

В действующем ГОСТ 10632-2014 значение разбухания по толщине не регламентируется, в предыдущей версии стандарта (2007) данный параметр не должен превышать 20 и 30 % для плит марок П-А и П-Б соответственно. На графике (рис. 5) это значение проведено пунктирной линией.

На графике (рис. 5) видно, что данным требованиям соответствуют плиты № 2 и 3, древесностружечная плита № 4 показала наибольшее разбухание по толщине 53 %. Это можно объяснить значительно большей плотностью данных плит — 760 против 660 кг/м^3 у остальных. Таким образом, результаты показывают, что плиты непрерывного способа прессования разбухают меньше.

Разбухание и водопоглощение зависят от плотности плит. С увеличением плотности водопоглощение уменьшается, а разбухание увеличивается [7].

Чтобы сравнить характеристики плит с разной плотностью, их приводят к единому показателю — 700 кг/м^3 . Формула для расчета разбухания по толщине выглядит следующим образом [7]:

$$\Delta h_{700} = \frac{\Delta h}{(0.00079\rho + 0.447)}, \quad (1)$$

где Δh_{700} — разбухание плит по толщине, % при плотности 700 кг/м^3 ; Δh — разбухание плит по толщине, % при плотности ρ .

На рис. 6 показаны данные пересчета разбухания по толщине для плит с приведенной плотностью. Анализ рис. 6 показывает, что наибольшее изменение толщины при воздействии воды наблюдается у плит периодического способа прессования, т. е. аналогично графикам на рис. 5.

Результаты определения предела прочности при изгибе приведены на рис. 7.

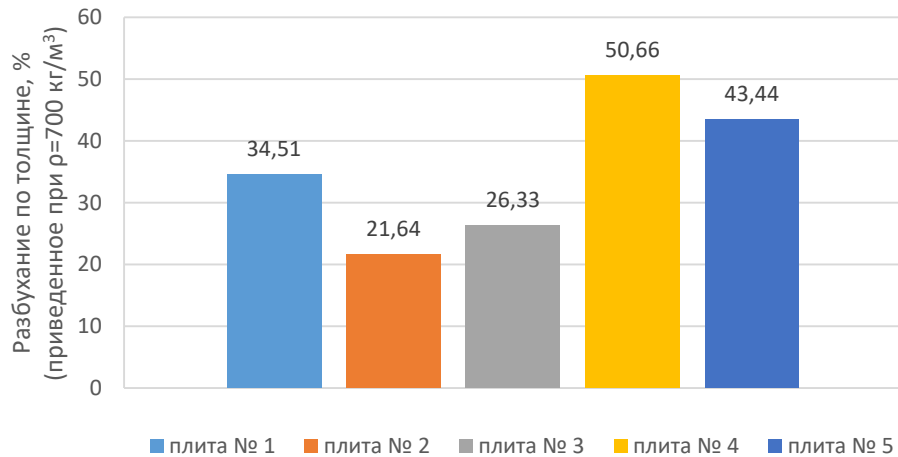


Рис. 6. Расчетное разбухание по толщине для плит плотностью 700 кг/м³

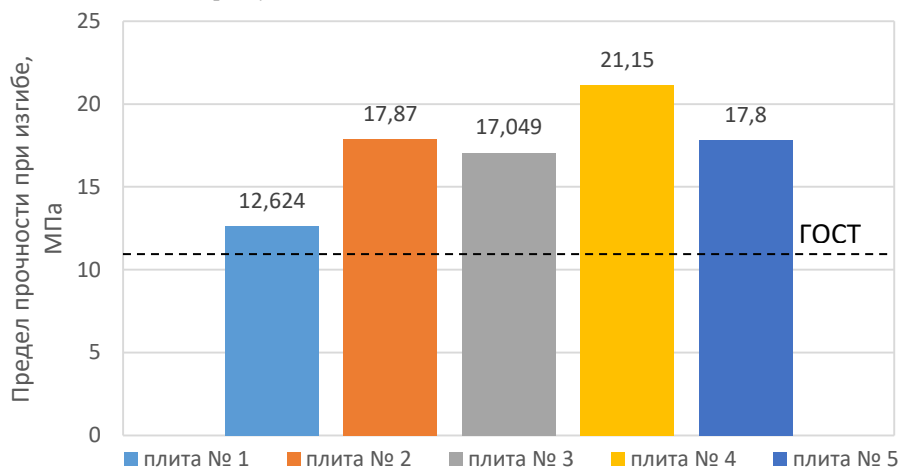


Рис. 7. Предел прочности при изгибе

Как видно на рис. 7, все образцы плит соответствуют требованиям ГОСТ 10632-2014 и имеют прочность на изгиб более 11 МПа. Лучше работает на изгиб плита № 4, ДСтП непрерывного прессования имеют более низкие значения прочности.

Для сравнения показателя прочности при изгибе плит разной плотности приводим к единой плотности 700 кг/м³ по формуле [7]:

$$\sigma_{и700} = \frac{\sigma_{и}}{(0,0036\rho - 1,5)}, \quad (2)$$

где $\sigma_{и700}$ — приведенный предел прочности при изгибе, МПа при плотности 700 кг/м³; $\sigma_{и}$ — предел прочности при изгибе, МПа при плотности ρ .

Результаты представлены на рис. 8.

При пересчете значений предела прочности при изгибе к одинаковой плотности 700 кг/м³ картина изменяется, и мы видим, что большую прочность показали плиты непрерывного способа прессования № 2 и 3. Отсюда можно сделать вывод, что данный способ прессования при меньшей плотности позволяет получать плиты с высокими прочностными характеристиками.

Результаты определения предела прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты приведе-

ны на рис. 9, пересчитанные на плотность 700 кг/м³ — на рис. 10.

Прочность при растяжении перпендикулярно пласти при плотности 700 кг/м³ определяли по формуле [7]:

$$\sigma_{р700} = \frac{\sigma_{р}}{(0,00197\rho - 0,38)}, \quad (3)$$

где $\sigma_{р700}$ — приведенный предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти, МПа при плотности 700 кг/м³; $\sigma_{р}$ — предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти, МПа при плотности ρ .

Как видно на рис. 9, наибольшую прочность при растяжении перпендикулярно пласти имеет плита № 3, а плита № 1 имеет прочность ниже установленной ГОСТ 10632-2014 и составляет 0,285 МПа. Если сравнивать прочность плит при изгибе и растяжении перпендикулярно пласти, можно увидеть, что плиты № 2 и 3 имеют равную прочность при изгибе, но прочность при растяжении перпендикулярно пласти у плиты № 2 значительно ниже. Это объясняется «провалом» плотности в центральном слое плиты № 2, зафиксированном в профиле плотности.

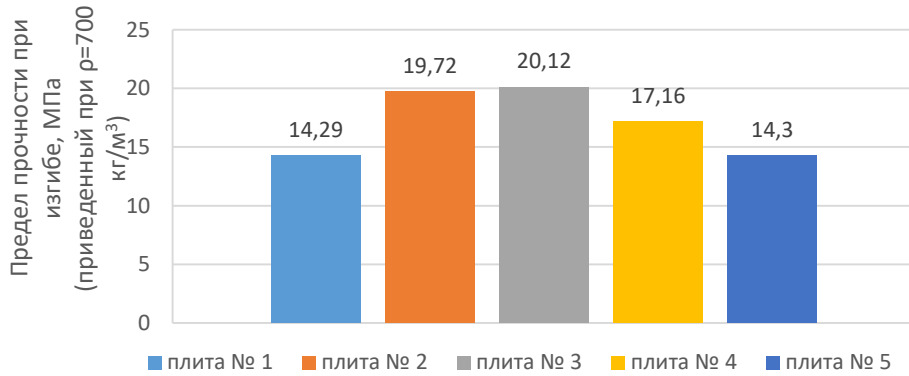


Рис. 8. Расчетный предел прочности при изгибе для плит плотностью 700 кг/м³

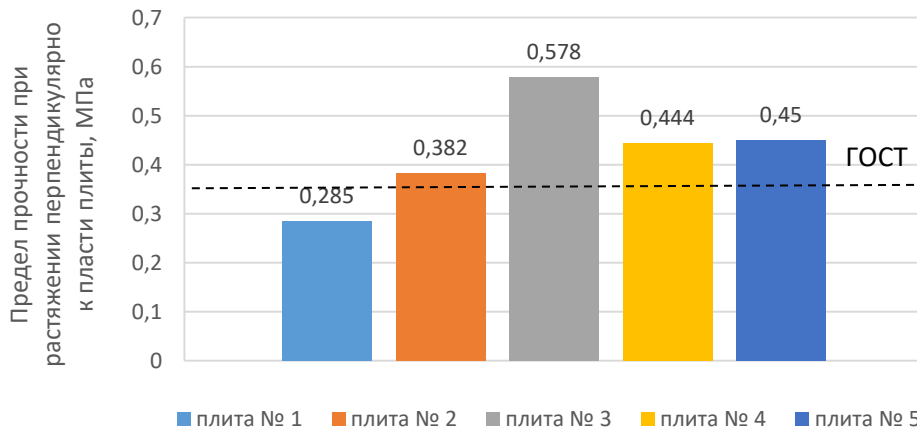


Рис. 9. Предел прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты

Приведенные показатели прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты (при плотности 700 кг/м³) показывают, что плиты непрерывного спосо-

ба прессования имеют более высокие значения по сравнению с плитами периодического способа прессования

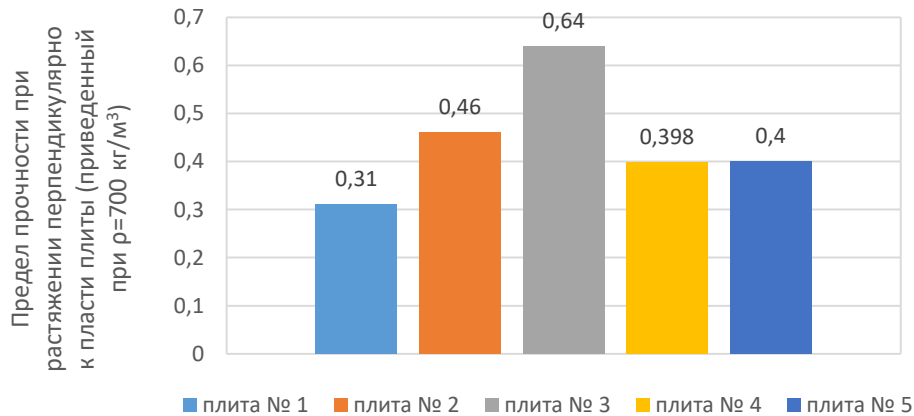


Рис. 10. Расчетный предел прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плит плотностью 700 кг/м³

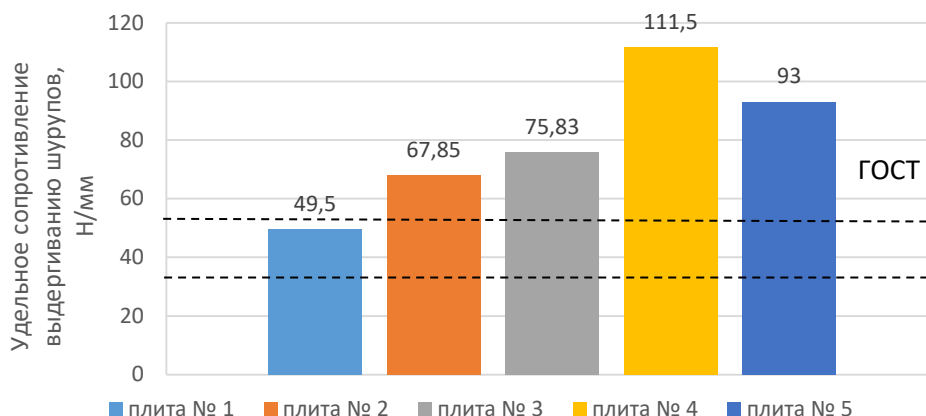


Рис. 11. Удельное сопротивление выдергиванию шурупов из пласти

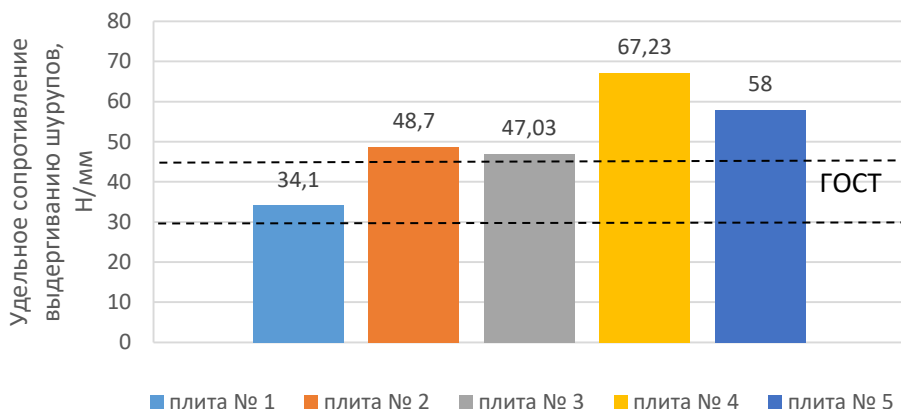


Рис. 12. Удельное сопротивление выдергиванию шурупов из кромки

Анализируя результаты испытаний шуруподерживающей способности ДСтП (рис. 11, 12), можно увидеть, что все плиты соответствуют требованиям ГОСТ 10632-2014 по этому показателю. На графике нанесены линии, указывающие значения данного показателя 55–35 Н/мм по пласти и 45–30 Н/мм по кромке. Как видно из результатов испытаний, только плита № 1 не выходит за данный диапазон, остальные его превышают. Это необходимо учитывать при выборе крепежных элементов.

Наибольшее удельное сопротивление выдергиванию шурупов как из пласти, так и из кромки имеют плиты периодического способа прессования № 4, 5. Плиты непрерывного способа прессования № 1, 2, 3 имеют более низкие показатели удельного сопротивления выдергиванию шурупов. Стоит отметить, что из плит непрерывного прессования ДСтП № 3 имеет наибольшее удельное сопротивление выдергиванию шурупов из пласти, а из кромки оно уже ниже, чем у плиты № 2.

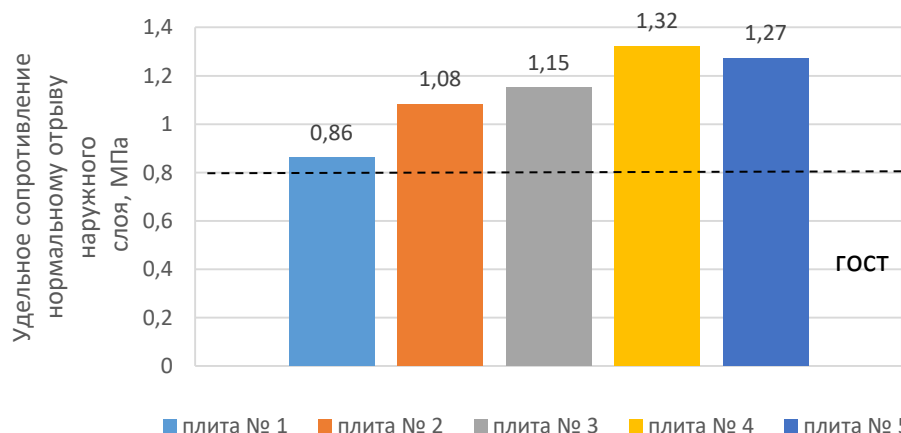


Рис. 13. Удельное сопротивление нормальному отрыву наружного слоя

Анализ рис. 13 показывает, что все исследуемые плиты имеют удельное сопротивление нормальному отрыву наружного слоя выше порогового значения

стандарта 0,8 МПа. Наибольшее значение удельного сопротивления у плиты периодического способа прессования № 4, наименьшее — у плиты № 1. В целом на

графике видно, что плиты непрерывного способа прессования имеют более низкое удельное сопротивление нормальному отрыву наружного слоя, что может сказываться на качестве облицовывания данных плит.

Выводы. ДСтП, изготовленные различными способами прессования имеют различный профиль плотности по толщине. Как показали результаты исследования, плиты непрерывного способа прессования имеют более уплотненные наружные слои и более «рыхлый» внутренний слой. Наружные слои плит периодического способа прессования менее уплотнены, к тому же данные слои имеют несимметричные значения плотности в связи с неравномерным отверждением связующего в верхнем и нижнем слоях ДСтП. Разброс плотности по сечению плиты меньше, чем у плит непрерывного способа прессования.

Литература

1. Производство ДСП за 7 месяцев 2023 г. [Электронный ресурс]. URL: https://www.lesonline.ru/analitic/?cat_id=12&n=416983 (дата обращения: 10.09.2024).
2. Производство ДСП выросло на 31 процент [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2023/07/10/proizvodstvo-dsp-vyroslo-na-31-procent.html> (дата обращения: 10.09.2024).
3. Васильев В.В., Хоссейни С.З. Экспертная оценка поверхностных свойств древесных плит // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. 2016. Вып. 215. С. 215-228.
4. Разиньков Е.М., Кантиева Е.В., Сладких Г.А. Прогиб мебельных щитов и прочность клевого соединения на неравномерный отрыв бумажнослоистого пластика // Актуальные направления науч. исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2, № 4-3 (9-3). С. 106-110.
5. Вольнский В.Н. Технология древесных плит и композиционных материалов. 3-е изд., стер. СПб.: Лань, 2020. 332 с.
6. Разиньков Е.М., Мурзин В.С., Кантиева Е.В. Технология и оборудование клееных материалов и древесных плит. Воронеж, 2007. 250 с.
7. Шварцман Г.М., Щедро Д.А. Производство древесностружечных плит. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Лесная пром-сть, 1987. 319 с.
8. Lucia Rossi, Lucia Wechsler, Mercedes A Peltzer, Emiliano M Ciannamea, Roxana A Ruseckaite, Pablo M Stefani. Sustainable Particleboards Based on Brewer's Spent Grains // Polymers. 2023. Vol. 16, iss. 1. P. 59. URL: <https://doi.org/10.3390/polym16010059> (date of access: 30.08.2024).
9. Muhammad Hidayatullah Misin, Kurdiansyah Kurdiansyah, Violet Violet. Sifat fisika dan mekanika papan partikel dari campuran serbuk kayu akasia (acacia auriculiformis) dan serbuk kulit batang sagu (metroxyton sagu) // Sylva Scientiae. 2023. Vol. 6, iss. 5. P. 787. URL: <https://doi.org/10.20527/jss.v6i5.10660> (date of access: 30.08.2024).
10. ГОСТ 10632-2014. Плиты древесно-стружечные. Технические условия. Введ. 01.07.2015. М.: Стандартинформ, 2014. 14 с.
11. Разиньков Е.М. Отличительные особенности в свойствах древесно-стружечных плит различных толщин для столешниц кухонной мебели // Лесотехнический журнал. 2016. № 3. С. 118-127.
12. Разиньков Е.М., Сладких Г.А. Исследование физико-механических свойств древесно-стружечных плит // Актуальные направления науч. исследований XXI века: теория и практика. 2016. Т. 4, № 5-2 (25-2). С. 205-210.
13. Laurentius Urip Widodo, Fibriangi Miya Enggar Pratama, Sandika Mudji Prastya. Pemanfaatan limbah batang ubi kayu dan plastik sebagai bahan baku pembuatan papan partikel // Journal of Research and Technology. 2020. Vol. 6, iss. 1. P. 145-154. URL: <https://doi.org/10.55732/jrt.v6i1.150> (date of access: 30.09.2024).
14. Agus Supriyanto, Noor Mirad Sari, Rosidah R Radam. Pembuatan papan partikel dari serbuk gergajian kayu akasia mangium (acacia mangium) dan kayu sungkai (peronema canescens) menggunakan perekat resin polyester // Sylva Scientiae. 2020. Vol. 3, iss. 5. P. 805. URL: <https://doi.org/10.20527/jss.v3i5.2529> (date of access: 30.09.2024).
15. ГОСТ 10633-2018. Плиты древесно-стружечные и древесно-волоконистые. Общие правила подготовки и проведения физико-механических испытаний. Введ. 01.04.2019. М.: Стандартинформ, 2014. 11 с.
16. ГОСТ 10634-88. Плиты древесностружечные. Методы определения физических свойств. Введ. 01.01.1990. М.: Изд-во стандартов, 1989. 8 с.
17. ГОСТ 10636-2018. Плиты древесно-стружечные и древесно-волоконистые. Метод определения предела прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты. Введ. 01.04.2019. М.: Стандартинформ, 2018. 8 с.
18. ГОСТ 10635-88. Плиты древесностружечные. Методы определения предела прочности и модуля упругости при изгибе. Введ. 01.01.1990. М.: Изд-во стандартов, 1989. 11 с.
19. ГОСТ 10637-2019. Плиты древесно-стружечные и древесно-волоконистые. Метод определения удельного сопротивления выдергиванию гвоздей и шурупов. Введ. 01.08.2020. М.: Стандартинформ, 2019. 9 с.
20. ГОСТ 23234-2009. Плиты древесно-стружечные. Метод определения удельного сопротивления нормальному отрыву наружного слоя. Введ. 01.07.2011. М.: Стандартинформ, 2011. 12 с.

References

1. Production of chipboard for 7 months in 2023 [Elektronnyj resurs]. URL: https://www.lesonline.ru/analitic/?cat_id=12&n=416983 (data obrashcheniya: 10.09.2024).
2. Chipboard production increased by 31 percent [Elektronnyj resurs]. URL: <https://rg.ru/2023/07/10/proizvodstvo-dsp-vyroslo-na-31-procent.html> (data obrashcheniya: 10.09.2024).
3. Vasil'ev V.V., Hossejni S.Z. Expert assessment of the surface properties of wood slabs // Izvestia SPbLTA. 2016. Vyp. 215. P. 215-228.

4. Razin'kov E.M., Kantieva E.V., Sladkih G.A. Deflection of furniture boards and durability of pasting with their surface of paper and layered plastic // *Current Directions of Scientific Research of the XXI Century: Theory and Practice*. 2014. P. 2, № 4-3 (9-3). P. 106-110.
5. Volynskij V.N. *Technology of wood slabs and composite materials*. 3-e izd., ster. SPb.: Lan', 2020. 332 p.
6. Razin'kov E.M., Murzin V.S., Kantieva E.V. *Technology and equipment of glued materials and wood slabs*. Voronezh, 2007. 250 p.
7. Shvarcman G.M., Shchedro D.A. *Production of particle board*. 4-e izd., pererab. i dop. M.: Lesnaya prom-st', 1987. 319 p.
8. Lucia Rossi, Lucia Wechsler, Mercedes A Peltzer, Emiliano M Ciannamea, Roxana A Ruseckaite, Pablo M Stefani. Sustainable Particleboards Based on Brewer's Spent Grains // *Polymers*. 2023. Vol. 16, iss. 1. P. 59. URL: <https://doi.org/10.3390/polym16010059> (date of access: 30.08.2024).
9. Muhammad Hidayatullah Misin, Kurdiansyah Kurdiansyah, Violet Violet. Sifat fisika dan mekanika papan partikel dari campuran serbuk kayu akasia (*acacia auriculiformis*) dan serbuk kulit batang sagu (*metroxylon sagu*) // *Sylva Scientiae*. 2023. Vol. 6, iss. 5. P. 787. URL: <https://doi.org/10.20527/jss.v6i5.10660> (date of access: 30.08.2024).
10. GOST 10632-2014. Chipboard slabs. Technical conditions. Vved. 01.07.2015. M.: Standartinform, 2014. 14 p.
11. Razin'kov E.M. Distinctive features in the properties of chipboard of various thicknesses for kitchen furniture countertops // *Forestry Engineering Journal*. 2016. № 3. P. 118-127.
12. Razin'kov E.M., Sladkih G.A. Investigation of physical and mechanical properties of chipboard // *Current Directions of Scientific Research of the XXI Century: Theory and Practice*. 2016. V. 4, № 5-2 (25-2). P. 205-210.
13. Laurentius Urip Widodo, Fibriangi Miya Enggar Pratama, Sandika Mudji Prastya. Pemanfaatan limbah batang ubi kayu dan plastik sebagai bahan baku pembuatan papan partikel // *Journal of Research and Technology*. 2020. Vol. 6, iss. 1. P. 145-154. URL: <https://doi.org/10.55732/jrt.v6i1.150> (date of access: 30.09.2024).
14. Agus Supriyanto, Noor Mirad Sari, Rosidah R Radam. Rembuatan papan partikel dari serbuk gergajian kayu akasia mangium (*acacia mangium*) dan kayu sungkai (*peronema canescens*) menggunakan perekat resin polyester // *Sylva Scientiae*. 2020. Vol. 3, iss. 5. P. 805. URL: <https://doi.org/10.20527/jss.v3i5.2529> (date of access: 30.09.2024).
15. GOST 10633-2018. Wood-chipboard and wood-fiber boards. General rules for the preparation and conduct of physical and mechanical tests. Vved. 01.04.2019. M.: Standartinform, 2014. 11 p.
16. GOST 10634-88. Particle boards. Methods for determining physical properties. Vved. 01.01.1990. M.: Izd-vo standartov, 1989. 8 p.
17. GOST 10636-2018. Wood-chipboard and wood-fiber boards. A method for determining the tensile strength perpendicular to the plate formation. Vved. 01.04.2019. M.: Standartinform, 2018. 8 p.
18. GOST 10635-88. Particle boards. Methods for determining the ultimate strength and modulus of elasticity in bending. Vved. 01.01.1990. M.: Izd-vo standartov, 1989. 11 p.
19. GOST 10637-2019. Wood-chipboard and wood-fiber boards. A method for determining the specific resistance to pulling out nails and screws. Vved. 01.08.2020. M.: Standartinform, 2019. 9 p.
20. GOST 23234-2009. Chipboard slabs. A method for determining the resistivity to normal separation of the outer layer. Vved. 01.07.2011. M.: Standartinform, 2011. 12 p.