

DOI: 10.15393/j2.art.2024.7483

УДК 630*378.33

Статья

Требования к диаметрам круглых лесоматериалов для обеспечения жёсткости плоской сплочной единицы

Васильев Владимир Викторович

*кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I (Российская Федерация),
vasiliev.vladimir87@mail.ru*

Афоничев Дмитрий Николаевич

*доктор технических наук, заведующий кафедрой электротехники и автоматики, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I (Российская Федерация),
dmafonichev@yandex.ru*

Получена: 1 ноября 2023 / Принята: 23 июля 2024 / Опубликовано: 12 августа 2024

Аннотация: Обеспечение эффективного функционирования транспортно-технологических схем поставки лесоматериалов потребителям требует совершенствования известных плоских сплочных единиц в плане упрощения их конструкции и обеспечения возможности изготовления в сплочных машинах. Цель исследования — определить допустимый диапазон варьирования диаметров круглых лесоматериалов в рядах плоской сплочной единицы относительно принятого (номинального) диаметра для обеспечения её жёсткости. Ряды круглых лесоматериалов усовершенствованной конструкции плоской сплочной единицы (патент РФ № 210485) являются объектом исследования. Для снижения затрат все опыты эксперимента проводились на моделях плоских сплочных единиц, масштаб которых принят 1:10. Модели подвергались испытанию на жёсткость. При проведении всех опытов полученные данные заносились в таблицу, где каждому диаметру нулевого уровня присваивался установленный допустимый диапазон варьирования диаметра круглых лесоматериалов в рядах плоской сплочной единицы. Используя экспериментальные данные, которые были получены для моделей плоских сплочных единиц, определили допустимый диапазон варьирования диаметров круглых лесоматериалов, из которых собираются ряды плоской сплочной единицы натуральных размеров. Установлено, что для каждого принятого (номинального) диаметра круглых лесоматериалов в верхнем отрезе, из которых собираются ряды плоской

сплочной единицы, присутствует изменение в большую и меньшую сторону на 1,0 см. Данное условие справедливо при изменении номинального диаметра от 10,0 до 70,0 см. В практических условиях для обеспечения наибольшей жёсткости плоской сплочной единицы необходимо использовать круглые лесоматериалы с минимальной сбежистостью. Не допускается использование круглых лесоматериалов в рядах, имеющих сбежистость более 1,0 см на 1,0 м длины. При этом гибкие связи должны быть отнесены от концов круглых лесоматериалов, уложенных в рядах, не менее чем на 1,0 м. Соблюдение установленного варьирования диаметров круглых лесоматериалов в верхнем отрезе, из которых собираются ряды усовершенствованной плоской сплочной единицы, позволит изготавливать сплочные единицы данной конструкции, которые будут обладать достаточной жёсткостью и, как следствие, волноустойчивостью.

Ключевые слова: круглые лесоматериалы; плоская сплочная единица; модель

DOI: 10.15393/j2.art.2024.7483

Article

Requirements for the diameters of round timber to ensure the rigidity of a flat raft unit

Vladimir Vasiliev

Ph. D. in engineering, associate professor, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great (Russian Federation), vasiliev.vladimir87@mail.ru

Dmitry Afonichev

D. Sc. in engineering, professor, Head of the Department of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great (Russian Federation), dmafonichev@yandex.ru

Received: 1 November 2023 / Accepted: 23 July 2024 / Published: 12 August 2024

Abstract: Ensuring the effective functioning of transport and technological schemes for the supply of timber to consumers requires the improvement of well-known flat raft units in terms of simplifying their design and ensuring the possibility of manufacturing in raft machines. The purpose of the study is to determine the permissible range of variation in the diameters of round timber in the rows of a flat raft unit relative to the accepted (nominal) diameter to ensure its rigidity. Rows of round timber of an improved design of a flat raft unit (RF Patent No. 210485) are the object of research. To reduce costs, all experiments of the experiment were carried out on models of flat raft units, the scale of which is 1 : 10. The models were subjected to a stiffness test. During all the experiments, the data obtained were entered into a table, where each zero-level diameter was assigned an established permissible range of variation in the diameter of round timber in the rows of a flat raft unit. Using experimental data that were obtained for models of flat raft units, we determined the permissible range of variation in the diameters of round timber, from which rows of flat raft units of natural sizes are assembled. It is established that for each accepted (nominal) diameter of round timber in the upper segment, from which rows of a flat unit are assembled, there is a change up and down by 1.0 cm. This condition is valid when changing the nominal diameter from 10.0 to 70.0 cm. In practical conditions, in order to ensure the greatest rigidity of a flat raft unit, it is necessary to use round timber with minimal fluidity. It is not allowed to use round timber in rows with a thickness of more than 1.0 cm by 1.0 m in length. At the same time, flexible ties should be carried from the ends of round timber laid in rows by at least 1.0 m. Compliance with the established variation in the diameters of round

timber in the upper segment from which rows of improved flat raft units are assembled will make it possible to produce raft units of this design that will have sufficient rigidity, and as a result, wave resistance.

Keywords: round timber; flat raft unit; model

1. Введение

Древесина является уникальным природным материалом, востребованным в различных отраслях материального производства, и в настоящее время существует много перспективных технических средств, обеспечивающих эффективную переработку древесины для её полноценного использования [1—6]. Предприятия — потребители древесины — расположены на значительном удалении от мест произрастания спелых древостоев, где производится заготовка лесоматериалов современными машинами и оборудованием для лесосечных работ [7—12], а поэтому важное значение в процессах заготовки и потребления древесины имеет транспорт, на долю которого приходится более половины всех затрат на заготовку лесоматериалов [13].

Для реализации поставок лесоматериалов от мест заготовки до предприятий-потребителей водным транспортом, с учётом требований по обеспечению экологической безопасности эксплуатируемых водных объектов [14], были разработаны транспортно-технологические схемы [15], [16], функционирующие на базе современных плоских сплотовых единиц. Основной особенностью данных транспортно-технологических схем является использование сплотовых единиц, обладающих малой осадкой и высоким коэффициентом полндревесности, на первоначальном и магистральном сплаве лесоматериалов. При этом плоские сплотовые единицы, в зависимости от назначения эксплуатируемого водного объекта на первоначальном сплаве лесоматериалов, могут транспортироваться самосплавом или в составе малогабаритного (первоначального) плота, т. е. линейки. На магистральном сплаве древесины плоские сплотовые единицы транспортируются в составе крупногабаритного (магистрального) плота, который имеет секции, сформированные из сплотовых единиц или плотов (линеек), применяемых на первоначальном плотовом сплаве лесоматериалов.

Обеспечение эффективного функционирования транспортно-технологических схем поставки лесоматериалов потребителям [13—26] требует совершенствования известных плоских сплотовых единиц в плане упрощения их конструкции и обеспечения возможности изготовления в сплотовых машинах. Предложена конструкция плоской сплотовой единицы [18], [27], удовлетворяющая указанным требованиям.

Цель исследования — определить допустимый диапазон варьирования диаметров круглых лесоматериалов в рядах плоской сплотовой единицы относительно принятого (номинального) диаметра для обеспечения её жёсткости.

2. Материалы и методы

Ряды круглых лесоматериалов усовершенствованной конструкции плоской сплотовой единицы (патент РФ № 210485) [27], которая получила ряд дополнительных конструктивных преобразований [18], являются объектом исследования. Экспериментальное исследование характеризуется качественными и количественными факторами. Качественный фактор

определяет сам объект [28—35], а количественный фактор — состояние объекта [28—35]. В данном случае качественным фактором будет конструкция плоской сплочной единицы, а количественным фактором следует считать используемые диаметры круглых лесоматериалов в рядах данной плоской сплочной единицы. На основе этого построена функциональная схема проведения экспериментального исследования, которая представлена на рисунке.

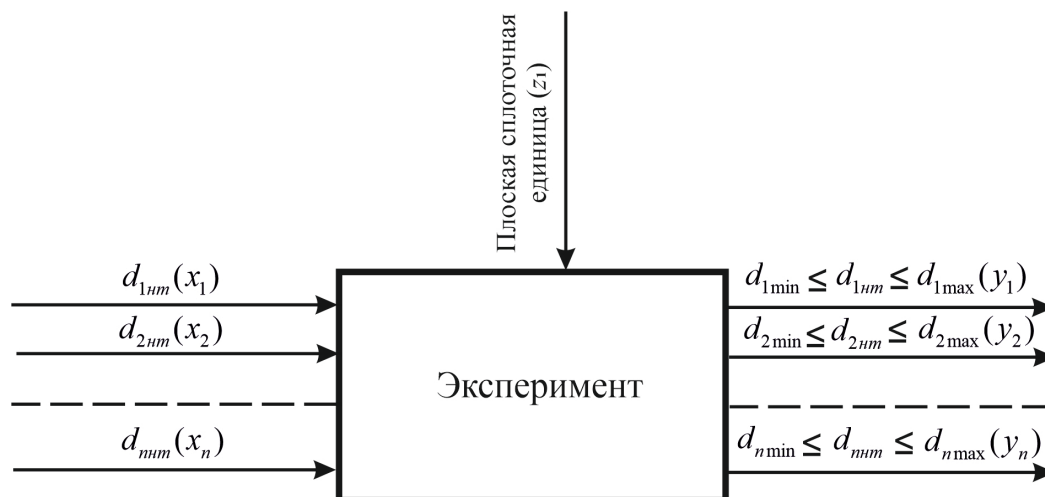


Рисунок. Функциональная схема проведения эксперимента [рисунок авторов]

Figure. Functional scheme of the experiment

Из данной схемы (рисунок 1) видно, что количественные факторы, являющиеся номинальными диаметрами лесоматериалов, изменяются от $d_{1nm}(x_1)$ до $d_{nm}(x_n)$. Качественный фактор — это усовершенствованная конструкция плоской сплочной единицы (z_1). Откликами являются значения диаметров круглых лесоматериалов в рядах плоской сплочной единицы, изменяющиеся от d_{nmin} до d_{nm} и от d_{nm} до d_{nmax} относительно принятого номинального диаметра d_{nm} , т. е. $d_{nmin} \leq d_{nm} \leq d_{nmax}$.

На основе схемы проведения эксперимента разработана матрица планирования опытов (таблица 1). При этом приняты следующие условия. Номинальные диаметры изменяются от 10,0 до 70,0 см с шагом 10,0 см. Интервал варьирования составляет 5,0 см, а число уровней будет зависеть от числа опытов.

Дальнейшее проведение всех опытов осуществлялось согласно матрице (таблица 1) по следующей методике.

Например, для первого количественного фактора первого уровня в каждый ряд сплочной единицы должно укладываться не менее 50,0 % круглых лесоматериалов, имеющих диаметр в верхнем отрезе 10,0 см (диаметр нулевого уровня). Остальные 50,0 % круглых лесоматериалов представляют собой лесоматериалы с диаметром в верхнем отрезе 11,0 см (максимальный диаметр) и 9,0 см (минимальный диаметр). Их процентное

соотношение должно составлять по 25,0 %. Также, например, для четвёртого количественного фактора в третьем эксперименте (третий уровень) в рядах плоской сплочной единицы необходимо укладывать не менее 50,0 % круглых лесоматериалов, имеющих диаметр в верхнем отрезе 40,0 см (диаметр нулевого уровня). Оставшиеся 50,0 % представляют собой круглые лесоматериалы 43,0 см (максимальный диаметр) и 37,0 см (минимальный диаметр) в верхнем отрезе, а их процентное соотношение будет равным друг другу и составлять по 25,0 %. По данной технологии изготавливается плоская сплочная единица для каждого количественного фактора в конкретном опыте. При этом для каждого количественного фактора максимальное количество опытов составляет пять, а минимальное количество опытов будет равно тому номеру опыта, при котором опытная плоская сплочная единица начнёт обладать недостаточной жёсткостью.

Таблица 1. Матрица планирования опытов

Table 1. Experiment planning matrix

Факторы	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
	$d_{1шт}$	$d_{2шт}$	$d_{3шт}$	$d_{4шт}$	$d_{5шт}$	$d_{6шт}$	$d_{7шт}$
Нулевой уровень	10	20	30	40	50	60	70
Интервал варьирования	5	5	5	5	5	5	5
Верхний уровень	15	25	35	45	55	65	75
Нижний уровень	5	15	25	35	45	55	65
Опыт 1	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1
Опыт 2	± 2	± 2	± 2	± 2	± 2	± 2	± 2
Опыт 3	± 3	± 3	± 3	± 3	± 3	± 3	± 3
Опыт 4	± 4	± 4	± 4	± 4	± 4	± 4	± 4
Опыт 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5

Проведение вышеуказанных опытов обуславливается определёнными регламентами, выполнение которых обязательно. Первый регламент обязывает использовать не менее 50,0 % круглых лесоматериалов с диаметром в верхнем отрезе, равным установленному нулевому уровню. Выполнение данного регламента обязательно, т. к. если в рядах будет использоваться менее 50,0 % круглых лесоматериалов с диаметром в верхнем отрезе, равным установленному нулевому уровню, то нулевой уровень сместится в большую или меньшую сторону, а проведение эксперимента не будет соответствовать матрице планирования опытов. Смещение нулевого уровня в большую или меньшую сторону происходит тогда, когда вторая большая часть круглых лесоматериалов будет иметь только диаметр в верхнем отрезе больше или меньше диаметра нулевого уровня на установленную единицу, которая указана в соответствующем опыте. При этом в практических условиях допускается использование равного количества круглых лесоматериалов в ряду, например, с диаметром

20,0 см (диаметр нулевого уровня) и 21,0 см (максимальный диаметр). Также следует отметить, что принятие в каждом опыте 25,0 % состава круглых лесоматериалов в рядах с минимальным диаметром в верхнем отрезе и 25,0 % состава круглых лесоматериалов в рядах с максимальным диаметром в верхнем отрезе необходимо для более широкого изучения технологического процесса изготовления плоской сплочной единицы. Второй регламент устанавливает при проведении опытов изменение диаметра круглых лесоматериалов в верхнем отрезе кратным одной единице, т. к. при заготовке древесины диаметр в верхнем отрезе округляется до целого числа, а современные таблицы определения объёма круглых лесоматериалов требуют использования диаметра, имеющего целое числовое значение. Последний регламент обуславливает приостановку проведения опыта по каждому количественному фактору, когда исследуемая плоская сплочная единица станет недостаточно жёсткой, чтобы обеспечить волноустойчивость конструкции. Для рассматриваемого эксперимента недостаточная жёсткость конструкции испытуемых плоских сплочных единиц устанавливается тогда, когда при поднятии их и повороте на $90,0^\circ$ круглые лесоматериалы с минимальным диаметром в верхнем отрезе, уложенные в рядах, будут выпадать из рядов за счёт силы тяжести.

В реальных условиях размеры сплочных единиц достаточно большие, а следовательно, их изготовление повлечёт за собой колоссальные временные, финансовые и трудовые затраты при выполнении всех манипуляций с круглыми лесоматериалами и полученными сплочными единицами. Для снижения затрат все опыты эксперимента проводились на моделях плоских сплочных единиц, масштаб которых, согласно рекомендациям исследований [17], [24], принимается 1:10. Использование в опытах моделей плоских сплочных единиц не повлияет на достоверность получаемых данных экспериментального исследования.

В соответствии с принятым масштабом устанавливаем длину первого и третьего рядов 60,0 см. В данном случае показатели количественного фактора также примут установленный масштаб для каждого нулевого уровня в каждом опыте. Выбор породы древесины круглых лесоматериалов не устанавливается. Сбежистость должна быть не более 1,0 см на 1,0 м длины, что в масштабе 1,0 мм на 10,0 см, а кривизна лесоматериалов должна иметь минимально возможный процентный показатель. В качестве гибких связей применяется вязальная проволока с диаметром поперечного сечения 0,4 см. При этом вместо вертикальных скоб используются рейки, которые крепятся в торцы круглых лесоматериалов с помощью гвоздей. На основе вышесказанного (например, для четвёртого количественного фактора в первом опыте с диаметром нулевого уровня 4,0 см) длина изготавливаемой модели равна 60,0 см, ширина модели определяется расчётным путём. Следовательно, в первом и третьем рядах, с учётом сбежистости заготовок круглых лесоматериалов, уложатся по 9 шт. данных заготовок, т. к. $40 \div 4,3 = 9,3 \approx 9$ шт. Во втором и четвёртом рядах, с учётом сбежистости заготовок лесоматериалов, нужно укладывать по 14 шт. заготовленных круглых лесоматериалов, из расчёта, что $60 \div 4,2 = 14,28 \approx 14$ шт. Тогда ширина модели

сплочной единицы равна: $9 \times 4,3 = 38,7$ см, а следовательно, круглые лесоматериалы второго и четвёртого рядов будут иметь длину 38,7 см. После установления количества необходимых круглых лесоматериалов с определёнными размерами осуществлялись их заготовка и изготовление модели плоской сплочной единицы, согласно публикациям [18], [27], в специальной установке (фото 1). Модель показана на фото 2. Затем данная модель подвергалась испытанию на жёсткость. Причём когда конструкция модели плоской сплочной единицы обеспечивает нужную жёсткость, выполняется переход ко второму опыту в рамках четвёртого количественного фактора, в противном случае осуществляется переход к первому опыту следующего количественного фактора. Дальнейшие расчёты по каждому количественному фактору для каждого опыта осуществляются по аналогичному примеру, что было представлено для первого опыта четвёртого количественного фактора.

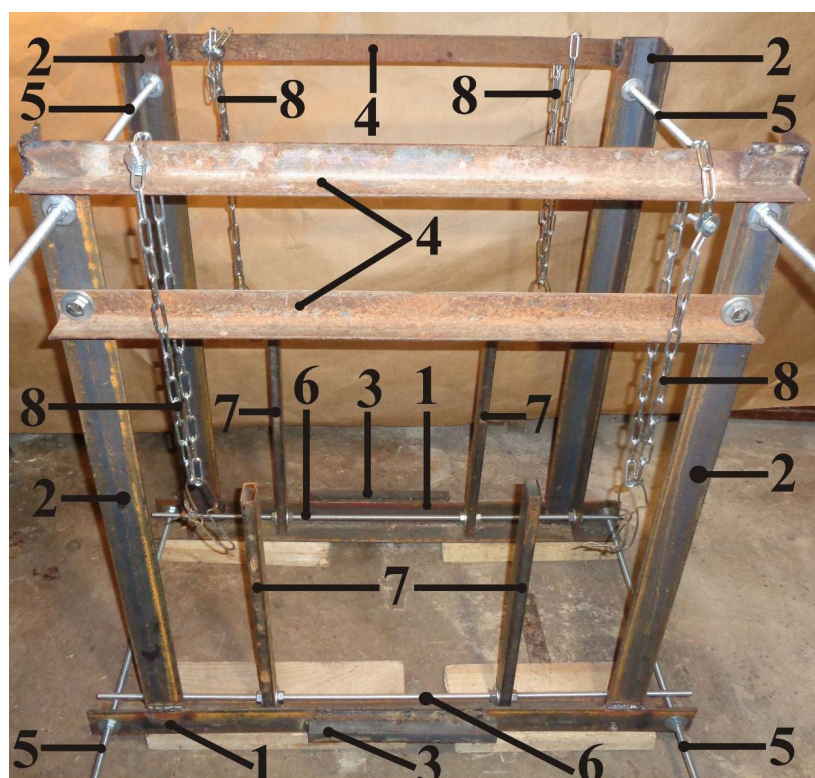


Фото 1. Общий вид установки для экспериментальных исследований: 1 — основание; 2 — вертикальные стойки; 3 — горизонтальные упоры; 4 — горизонтальные верхние переключины; 5 — продольные регулировочные шпильки; 6 — поперечные регулирующие шпильки; 7 — вертикальные упоры; 8 — цепи [фото авторов]

Photo 1. General view of the setup for experimental studies: 1 — base; 2 — vertical racks; 3 — horizontal stops; 4 — horizontal upper crossbars; 5 — longitudinal adjusting studs; 6 — transverse adjusting studs; 7 — vertical stops; 8 — chains

При проведении всех опытов полученные данные заносились в таблицу, где каждому диаметру нулевого уровня присваивался установленный допустимый диапазон варьирования диаметра круглых лесоматериалов в рядах плоской сплоточной единицы.

Реализация всех работ по измерению длины выпиленных заготовок круглых лесоматериалов осуществлялась рулеткой измерительной металлической (ГОСТ 7502-98). Диаметр заготовок круглых лесоматериалов измеряли штангенциркулем (ГОСТ 166-89). При этом диаметр каждой заготовки круглого лесоматериала замерялся два раза перпендикулярно друг другу и устанавливался средний, который принимался как фактический. Выпиливание всех заготовок круглых лесоматериалов производили ручной пилой (ГОСТ 26215-84).



a



б

Фото 2. Физическая модель плоской сплоточной единицы: *a* — модель из лесоматериалов с диаметром 4,0 см (вид спереди); *б* — модель из лесоматериалов с диаметром 4,0 см (вид сбоку) [фото авторов]

Photo 2. A physical model of a flat-flow unit: **(a)** timber model with a diameter of 4.0 cm front view; **(b)** timber model with a diameter of 4.0 cm side view

3. Результаты

Первый опыт. В каждом первом и каждом третьем рядах модели присутствовало по 9 шт. круглых лесоматериалов, из которых 5 шт. с диаметром 4,0 см (номинальный диаметр), 2 шт. с диаметром 3,9 см (нижний порог диаметра) и 2 шт. с диаметром 4,1 см (верхний порог диаметра). При этом размещение круглых лесоматериалов с разным диаметром в каждом ряду осуществлялось произвольно и в разнокомелицу. В свою очередь, в каждом втором и каждом четвертом рядах модели было помещено по 14 шт. круглых лесоматериалов, из которых 7 шт. с диаметром 4,0 см (номинальный диаметр), 3 шт. с диаметром 3,9 см (нижний порог диаметра) и 4 шт. с диаметром 4,1 см (верхний порог диаметра). Также размещение круглых лесоматериалов с разным диаметром в каждом ряду осуществлялось произвольно и в разнокомелицу. Как показал опыт, модель обладала достаточной жёсткостью. Все данные были занесены в таблицу 2.

Второй опыт. В каждый первый и каждый третий ряды модели уложено 9 шт. круглых лесоматериалов, из которых 5 шт. с диаметром 4,0 см, 2 шт. с диаметром 3,8 см и 2 шт. с диаметром 4,2 см. При этом во втором и четвертом рядах модели сплочной единицы было размещено по 14 шт. круглых лесоматериалов, из которых 7 шт. с диаметром 4,0 см, 3 шт. с диаметром 3,8 см и 4 шт. с диаметром 4,2 см. В первом, втором, третьем и четвертом рядах укладка круглых лесоматериалов с разным диаметром реализовывалась произвольно и в разнокомелицу. Модель сплочной единицы, изготовленная для второго опыта, не имела требуемой жёсткости. Следовательно, допустимый диапазон варьирования для установленного диаметра круглых лесоматериалов 4,0 см в рядах модели плоской сплочной единицы можно записать следующим образом: $3,9 \leq 4,0 \leq 4,1$. Полученные данные были занесены в таблицу 2.

По предлагаемой методике аналогичным способом были проведены все опыты для оставшихся количественных факторов, которые представляли собой диаметры круглых лесоматериалов в верхнем отрезе, из которых собирались ряды сплочных единиц. Все полученные данные для сплочной единицы с размерами диаметров круглых лесоматериалов, равными 1, 2, 3, 5, 6, 7 см, были занесены в таблицу 2.

Используя экспериментальные данные из таблицы 2, которые были получены для моделей плоских сплочных единиц, устанавливаем допустимый диапазон варьирования диаметров круглых лесоматериалов, из которых собираются ряды плоской сплочной единицы натуральных размеров. Установленные допустимые диапазоны варьирования диаметров круглых лесоматериалов в верхнем отрезе для рассматриваемой плоской сплочной единицы приведены в таблице 3.

Таблица 2. Основные данные экспериментального исследования

Table 2. Basic data of the experimental study

Принятый (номинальный) диаметр, см	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Верхний порог диаметра, см	1,1	2,1	3,1	4,1	5,1	6,1	7,1
Нижний порог диаметра, см	0,9	1,9	2,9	3,9	4,9	5,9	6,9
Количество круглых лесоматериалов в рядах, шт.	160	88	62	46	38	30	26
Количество круглых лесоматериалов в первом и третьем рядах, шт.	60	34	24	18	16	12	10
Количество лесоматериалов с номинальным диаметром в первом и третьем рядах, шт.	15	9	6	5	4	3	3
Количество лесоматериалов с верхним уровнем диаметра в каждом первом и каждом третьем рядах, шт.	8	4	3	2	2	2	1
Количество лесоматериалов с нижним уровнем диаметра в каждом первом и каждом третьем рядах, шт.	7	4	3	2	2	1	1
Количество круглых лесоматериалов во втором и четвёртом рядах, шт.	100	54	38	28	22	18	16
Количество лесоматериалов с номинальным диаметром в каждом втором и каждом четвёртом рядах, шт.	25	14	10	7	6	5	4
Количество лесоматериалов с верхним уровнем диаметра в каждом втором и каждом четвёртом рядах, шт.	13	7	5	4	3	2	2
Количество лесоматериалов с нижним уровнем диаметра в каждом втором и каждом четвёртом рядах, шт.	12	6	4	3	2	2	2
Допустимый диапазон варьирования, см	от 0,9 по 1,1	от 1,9 по 2,1	от 2,9 по 3,1	от 3,9 по 4,1	от 4,9 по 5,1	от 5,9 по 6,1	от 6,9 по 7,1

Из таблицы 3 видно, что для каждого принятого (номинального) диаметра круглых лесоматериалов в верхнем отрезе, из которых собираются ряды плоской сплочной единицы, присутствует изменение в большую и меньшую сторону на 1,0 см. Следовательно, допустимый диапазон варьирования для всех диаметров круглых лесоматериалов

в верхнем отрезе, из которых изготавливается данная плоская сплочная единица, можно записать следующим образом: $d_{\Pi} - 1,0 \leq d_{\Pi} \leq d_{\Pi} + 1,0$ см. Данное условие справедливо при изменении d_{Π} от 10,0 до 70,0 см. В практических условиях, при обозначении требований к диаметру круглых лесоматериалов, укладываемых в ряды плоской сплочной единицы, необходимо условие варьирования диаметра записывать следующим образом: $d_{\Pi} \pm 1,0$ см.

Таблица 3. Диапазон варьирования диаметров круглых лесоматериалов

Table 3. The range of variation of round timber diameters

Принятый (номинальный) диаметр круглых лесоматериалов в верхнем отрезе, см	10	20	30	40	50	60	70
Допустимый диапазон варьирования, см	от 9 по 11	от 19 по 21	от 29 по 31	от 39 по 41	от 49 по 51	от 59 по 61	от 69 по 71

В практических условиях для обеспечения наибольшей жёсткости плоской сплочной единицы необходимо использовать круглые лесоматериалы с минимальной сбежистостью. Не допускается использование круглых лесоматериалов в рядах, имеющих сбежистость более 1,0 см на 1,0 м длины. При этом гибкие связи должны быть отнесены от концов круглых лесоматериалов, уложенных в рядах, не менее чем на 1,0 м.

4. Обсуждение и заключение

Варьирование диаметров круглых лесоматериалов, укладываемых в ряды плоской сплочной единицы, допускается на определённом уровне, с учётом максимально допустимой сбежистости используемых круглых лесоматериалов. Экспериментальным путём установлено, что варьирование диаметров круглых лесоматериалов в рядах плоской сплочной единицы относительно принятого диаметра в верхнем отрезе в диапазоне от 10,0 до 70,0 см составляет $\pm 1,0$ см.

Соблюдение установленного варьирования диаметров круглых лесоматериалов в верхнем отрезе, из которых собираются ряды усовершенствованной плоской сплочной единицы, позволит изготавливать сплочные единицы данной конструкции, которые будут обладать достаточной жёсткостью и, как следствие, волноустойчивостью.

Список литературы

1. Раскрой круглых сортиментов с ядровой гнилью на конструкционные пиломатериалы / А. С. Торопов, В. Е. Бызов, Е. В. Торопова [и др.] // Известия вузов. Лесной журнал. 2021. № 6. С. 160—172. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-6-160-172.
2. Шелгунов Ю. В., Кутуков Г. М., Лебедев Н. И. Технология и оборудование лесопромышленных предприятий: Учебник. 3-е изд. М.: МГУЛ, 2002. 589 с.
3. Bens O., Hüttl R. F. Energetic Utilisation of Wood as Biochemical Energy Carrier — A Contribution to the Utilisation of Waste Energy and Landuse // International Journal of Thermal Sciences. 2001. Vol. 40, iss. 4. P. 344—351. DOI: 10.1016/S1290-0729(00)01220-5.
4. The Features of Industrial Modernization Management in Forest Complex / V. V. Zozulya, V. V. Sakhanov, S. O. Medvedev [et al.] // Proceedings of the 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM 17), Albena, Bulgaria, June 29 — July 5, 2017. Albena: SGEM, 2017. P. 927—934.
5. Financial Stimulation of Forest Resources Deep Processing / V. V. Zozulya, O. V. Romanchenko, A. V. Zuykov [et al.] // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2017. Vol. 8, no. 1. P. 312—318.
6. Studies on Pre-Treatment by Compression for Wood Drying I: Effects of Compression Ratio, Compression Direction and Compression Speed on the Reduction of Moisture Content in Wood / Y. Zhao, W. Zhihui, I. Iida [et al.] // Journal of Wood Science. 2015. Vol. 61, iss. 2. P. 113—119. DOI: 10.1007/s10086-014-1451-x.
7. Александров В. А. Механизация лесосечных работ в России. СПб.: Профи, 2009. 256 с.
8. Simulation of Forest Harvesting Alternative Processes and Concept Design of an Innovative Skidding Winch Focused on Productivity Improvement / G. Di Gironimo, A. Balsamo, G. Esposito [et al.] // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2015. Vol. 39. P. 350—359. DOI: <https://doi.org/10.3906/tar-1408-64>.
9. Glazar K., Maciejewska M. Ecological Aspects of Wood Harvesting and Skidding in Pine Stands with Use Different Technologies // Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria. 2009. Vol. 8. P. 5—14.
10. Economic Benefits of Long Term Forestry Machine Data Capture: Austrian Federal Forest Case Study / F. Holzleitner, K. Stampfer, M. R. Ghaffariyan [et al.] // Proceedings of the 43th International Symposium on Forestry Mechanisation: «Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment», Padova, Italy, July 11—14, 2010. Padova: FORMEC, 2010. 8 p.
11. Nordfjell T., Athanassiadis D., Talbot B. Fuel Consumption in Forwarders // International Journal of Forest Engineering. 2003. Vol. 14, iss. 2. P. 11—20. DOI: 10.1080/14942119.2003.-10702474.
12. Suvinen A. Economic Comparison of the Use of Tyres, Wheel Chains and Bogie Tracks for Timber Extraction // Croatian Journal of Forest Engineering. 2006. Vol. 27, iss. 2. P. 81—102.
13. Транспорт леса: В 2 т. Т. 1. Сухопутный транспорт / Под ред. Э. О. Салминена. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 368 с.
14. Водный кодекс Российской Федерации: текст с последними изм. и доп. на 2022 г. М.: Эксмо, 2022. 64 с. (Законы и кодексы).
15. Васильев В. В. Обоснование параметров транспортно-технологической схемы поставки древесины в плоских сплочных единицах по принципу плот (линейка) — плот // Resources and Technology. 2021. Т. 18, № 2. С. 48—78. DOI: 10.15393/j2.art.2021.5603.

16. *Васильев В. В., Афоничев Д. Н.* Особенности расчёта параметров погрузочного рейда при использовании на сплаве плоских сплотовых единиц // Современные машины, оборудование и IT-решения лесопромышленного комплекса: теория и практика: Материалы Всерос. научно-практич. конф., Воронеж, 17 июня 2021 г. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», 2021. С. 40—48. DOI: 10.34220/MMEITSIC2021_40-48.
17. *Васильев В. В., Афоничев Д. Н.* Усовершенствованные системы плотового сплава лесоматериалов. Saarbrücken (Германия): LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 284 с.
18. *Васильев В. В.* Усовершенствованная плоская сплотовая единица для первоначального сплава лесоматериалов // Теория и практика инновационных технологий в АПК: Материалы национал. научно-практич. конф. Секция «Инновационные направления механизации и электрификации сельскохозяйственного производства» (19—21 апреля 2022 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ», 2022. Ч. II. С. 113—120.
19. *Васильев В. В., Афоничев Д. Н.* Использование плоских сплотовых единиц на первоначальном сплаве лесоматериалов // Известия вузов. Лесной журнал. 2022. № 1. С. 128—142. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-1-128-142.
20. *Васильев В. В.* Модернизированный плот для рек с малыми глубинами // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2015. № 1. С. 45—58.
21. *Васильев В. В.* Экспериментальное определение коэффициента полнодревесности усовершенствованной плоской сплотовой единицы // Resources and Technology. 2023. Т. 20, № 4. С. 28—44. DOI: 10.15393/j2.art.2023.7103.
22. *Васильев В. В., Афоничев Д. Н.* Обоснование показателя гибкости плота из сплотовых единиц // Известия вузов. Лесной журнал. 2022. № 4. С. 146—155. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-4-146-155.
23. *Васильев В. В.* Расчёт транспортно-эксплуатационных показателей усовершенствованной плоской сплотовой единицы // Resources and Technology. 2022. Т. 19, № 4. С. 1—22. DOI: 10.15393/j2.art.2022.6365.
24. *Митрофанов А. А.* Лесосплав. Новые технологии, научное и техническое обеспечение. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. 492 с.
25. *Овчинников М. М., Полищук В. П., Григорьев Г. В.* Транспорт леса: В 2 т. Т. 2. Лесосплав и судовые перевозки: Учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 208 с.
26. *Perfiliev P., Zadrauskaite N., Rybak G.* Study of hydrodynamic resistance of a raft composed of the flat rafting units of various draft // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 18 (1.5). Austria, 2018. P. 765—772.
27. Патент 210485 Р. Ф., МПК В63В 35/62. Плоская сплотовая единица / В. В. Васильев, Д. Н. Афоничев, В. А. Морковин, В. В. Абрамов, Е. В. Поздняков; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова» (RU). № 2021125409; заявл. 19.10.2020; опубл. 18.04.2022, бюл. № 11. 5 с.
28. *Адлер Ю. П.* Введение в планирование эксперимента. М.: Металлургия, 1968. 155 с.
29. *Dean A., Voss D., Draguljić D.* Design and analysis of experiments. Springer International Publishing, 2017. 852 p.
30. *Bate S. T., Clark R. A.* The design and statistical analysis of animal experiments. CUP, 2014. 328 p.

31. *Lightbown D.* Designing the user experience of game development tools. A K Peters/CRC Press, 2015. 164 p.
32. *Selvamuthu D., Das D.* Introduction to statistical methods, design of experiments and statistical quality control. Springer Singapore, 2018. 445 p.
33. *Oehlert G. W.* A first course in design and analysis of experiments. Freeman, 2010. 680 p.
34. *Allen T. T.* Introduction to engineering statistics and lean six sigma: statistical quality control and design of experiments and systems. Springer London, 2019. 633 p.
35. *Rhinehart R. R.* Applications: modeling, model validation, and enabling design of experiments. Wiley-ASME Press, 2016. 400 p.

References

1. Toropov A. S., Byzov V. E., Toropova E. V., Sergeevichev A. V., Sazanova E. V. Cutting round sortings with sound rot for structural lumber. *Izvestiy vuzov. Lesnoi zhurnal*, 2021, no. 6, pp. 160—172. doi: 10.37482/0536-1036-2021-6-160-172. (In Russ).
2. Shelgunov Yu. V., Kutukov G. M., Lebedev N. I. *Technology and equipment of timber enterprises: Textbook*. 3rd ed. Moscow, MGUL, 2002. 589 p. (In Russ.).
3. Bens O., Hüttl R. F. Energetic Utilisation of Wood as Biochemical Energy Carrier — A Contribution to the Utilisation of Waste Energy and Landuse. *International Journal of Thermal Sciences*, 2001, vol. 40, iss. 4, pp. 344—351. doi: 10.1016/S12900729-(00)01220-5.
4. Zozulya V. V., Sakhanov V. V., Medvedev S. O., Bezrukih Y. A., Romanchenko O. V. The Features of Industrial Modernization Management in Forest Complex. *Proceedings of the 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM 17), Albena, Bulgaria, June 29 — July 5, 2017*. Albena, SGEM, 2017, pp. 927—934.
5. Zozulya V. V., Romanchenko O. V., Zuykov A. V., Sergeeva A. Yu., Medvedev S. O., Zozulya I. V. Financial Stimulation of Forest Resources Deep Processing. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 2017, vol. 8, no. 1, pp. 312—318.
6. Zhao Y., Zhihui W., Iida I., Huang R., Lu J., Jiang J. Studies on Pre-Treatment by Compression for Wood Drying I: Effects of Compression Ratio, Compression Direction and Compression Speed on the Reduction of Moisture Content in Wood. *Journal of Wood Science*, 2015, vol. 61, iss. 2, pp. 113—119. doi: 10.1007/s10086-014-1451-x.
7. Alexandrov V. A. *Mechanization of logging operations in Russia*. Saint Petersburg, Profix, 2009. 256 p. (In Russ.).
8. Di Gironimo G., Balsamo A., Esposito G., Lanzotti A., Melemez K., Spinelli R. Simulation of Forest Harvesting Alternative Processes and Concept Design of an Innovative Skidding Winch Focused on Productivity Improvement. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2015, vol. 39, pp. 350—359. doi: <https://doi.org/10.3906/tar-1408-64>.
9. Glazar K., Maciejewska M. Ecological Aspects of Wood Harvesting and Skidding in Pine Stands with Use Different Technologies. *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 2009, vol. 8, pp. 5—14.
10. Holzleitner F., Stampfer K., Ghaffariyan M. R., Visser R. Economic Benefits of Long Term Forestry Machine Data Capture: Austrian Federal Forest Case Study. *Proceedings of the 43th International Symposium on Forestry Mechanisation: «Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment», Padova, Italy, July 11—14, 2010*. Padova, FORMEC, 2010. 8 p.

11. Nordfjell T., Athanassiadis D., Talbot B. Fuel Consumption in Forwarders. *International Journal of Forest Engineering*, 2003, vol. 14, iss. 2, pp. 11—20. doi: 10.1080/14942119.2003.107-02474.
12. Suvinen A. Economic Comparison of the Use of Tyres, Wheel Chains and Bogie Tracks for Timber Extraction. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2006, vol. 27, iss. 2, pp. 81—102.
13. *Forest transport: In 2 volumes. Vol. 1. Land transport*. Ed. by E. O. Salminen. Moscow, Publishing Center «Academy», 2009. 368 p. (In Russ.).
14. *The Water Code of the Russian Federation: the text with the latest amendments and additions for 2022*. Moscow, Eksmo, 2022. 64 p. (Laws and Codes). (In Russ.).
15. Vasiliev V. V. Calculation of transport and operational indicators of an improved flat-flow unit. *Resources and Technology*, 2022, vol. 19, no. 4, pp. 1—22. doi: 10.15393/j2.art.2022.6365. (In Russ.).
16. Vasiliev V. V., Afonichev D. N. Features of calculating the parameters of a loading raid when using flat raft units on an alloy. *Modern machines, equipment and IT solutions of the timber industry complex: theory and practice: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference; Voronezh, June 17, 2021*. Voronezh, Voronezh State Forestry University named after G. F. Morozov, 2021, pp. 40—48. doi: 10.34220/MMEITSIC2021_40-48. (In Russ.).
17. Vasiliev V. V., Afonichev D. N. *Improved systems of raft timber alloy*. Saarbrucken (Germany), Publishing house LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 284 p. (In Russ.).
18. Vasiliev V. V. An improved flat cohesive unit for the initial timber alloy. *Theory and practice of innovative technologies in agriculture: materials of the national scientific and practical conference. Section «Innovative directions of mechanization and electrification of agricultural production» (April 19—21, 2022)*. Voronezh, Voronezh State Agrarian University, 2022, part II, pp. 113—120. (In Russ.).
19. Vasiliev V. V., Afonichev D. N. The use of flat splice units on the initial timber alloy. *Izvestiy vuzov. Lesnoi zhurnal*, 2022, no. 1, pp. 128—142. doi: 10.37482/0536-1036-2022-1-128-142. (In Russ.).
20. Vasiliev V. V. Modernized raft for rivers with shallow depths. *Vestnik PSTU. Series: Forest Ecology. Environmental management*, 2015, no. 1, pp. 45—58. (In Russ.).
21. Vasiliev V. V. Experimental determination of the full-weight coefficient of an improved flat-flow unit. *Resources and Technology*, 2023, vol. 20, no. 4, pp. 28—44. doi: 10.15393-/j2.art.2023.7103. (In Russ.).
22. Vasiliev V. V., Afonichev D. N. Substantiation of the indicator of the flexibility of a raft of raft units. *Izvestiy vuzov. Lesnoi zhurnal*, 2022, no. 4, pp. 146—155. doi: 10.37482/0536-1036-2022-4-146-155. (In Russ.).
23. Vasiliev V. V. Calculation of transport and operational indicators of an improved flat-flow unit. *Resources and Technology*, 2022, vol. 19, no. 4, pp. 1—22. doi: 10.15393/j2.art.2022.6365. (In Russ.).
24. Mitrofanov A. A. *Lesosplav. New technologies, scientific and technical support*. Arkhangelsk, Publishing house of AGTU, 2007. 492 p. (In Russ.).
25. Ovchinnikov M. M., Polishchuk V. P., Grigoriev G. V. *Forest transport: In 2 volumes. Vol. 2. Logging and ship transportation: Textbook for students. higher. studies*. Moscow, Publishing Center «Academy», 2009. 208 p. (In Russ.).
26. Perfiliev P., Zadrauskaite N., Rybak G. Study of hydrodynamic resistance of a raft composed of the flat rafting units of various draft. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 18 (1.5)*. Austria, 2018, pp. 765—772.

27. Vasiliev V. V., Afonichev D. N., Morkovin V. A., Abramov V. V., Pozdnyakov E. V. Patent 210485 R. F., IPC B63B 35/62. Flat splice unit. Applicant and patent holder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Voronezh State Forestry University named after G. F. Morozov» (RU). No. 2021125409; application 19.10.2020; publ. 18.04.2022, Byul. No. 11. 5 p. (In Russ.).
28. Adler Yu. P. *Introduction to experiment planning*. Moscow, Metallurgy, 1968. 155 p. (In Russ.).
29. Dean A., Voss D., Draguljić D. *Design and analysis of experiments*. Springer International Publishing, 2017. 852 p.
30. Bate S. T., Clark R. A. *The design and statistical analysis of animal experiments*. CUP, 2014. 328 p.
31. Lightbown D. *Designing the user experience of game development tools*. A K PetersCRC Press, 2015. 164 p.
32. Selvamuthu D., Das D. *Introduction to statistical methods, design of experiments and statistical quality control*. Springer Singapore, 2018. 445 p.
33. Oehlert G. W. *A first course in design and analysis of experiments*. Freeman, 2010. 680 p.
34. Allen T. T. *Introduction to engineering statistics and lean six sigma: statistical quality control and design of experiments and systems*. Springer London, 2019. 633 p.
35. Rhinehart R. R. *Applications: modeling, model validation, and enabling design of experiments*. Wiley-ASME Press, 2016. 400 p.