

DOI: 10.15393/j2.art.2024.7223

УДК 630*378.33

Статья

Автоматизация планирования первоначального сплава лесоматериалов в плоских сплотовых единицах

Васильев Владимир Викторович

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

Получена: 7 июля 2023 / Принята: 4 апреля 2024 / Опубликовано: 12 апреля 2024

Аннотация: Эффективное и экономически выгодное выполнение первоначального сплава лесоматериалов обеспечивается научно обоснованным планированием сплавных работ. Для выполнения оперативного планирования первоначального сплава лесоматериалов в усовершенствованных плоских сплотовых единицах разработана специализированная компьютерная программа. Она даёт возможность выполнить расчёт транспортно-эксплуатационных показателей плоских сплотовых единиц в зависимости от транспортных условий, параметров используемых круглых лесоматериалов, физико-механических свойств сплаваемой древесины, процентного содержания древесины повышенной и ограниченной плавучести и вида используемого сплотового такелажа. Также программа позволяет построить графики зависимости осадки плоских сплотовых единиц от основных факторов, влияющих на данный показатель. С помощью разработанной компьютерной программы было реализовано планирование первоначального сплава лесоматериалов в усовершенствованных плоских сплотовых единицах при сплаве вольницей для условий, когда изменяются габариты сплавного хода в период навигации. Также установлено, что в весенний и осенний периоды при изменении минимальной глубины сплавного хода от 2,0 до 1,4 м и при варьировании минимальной ширины сплавного хода от 10,0 до 8,8 м обязательно используется конструкция плоской сплотовой единицы, выполненной по патенту РФ № 2777676. В летний период, когда габариты сплавного хода на протяжении длительного периода времени принимают минимальное значение, т. е. минимальная глубина сплавного хода равна 1,3 м, а минимальная ширина сплавного хода — 8,6 м, следует применять конструкцию плоской сплотовой единицы, выполненную по патенту РФ № 210485.

Применение разработанной компьютерной программы позволяет автоматизировать оперативное планирование первоначального сплава лесоматериалов в плоских сплотовых единицах.

Ключевые слова: плоская сплотовая единица; осадка; габариты сплавного хода; объём древесины

DOI: 10.15393/j2.art.2024.7223

Article

Automation of planning of the initial timber floating in flat raft sections

Vladimir Vasiliev

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

Received: 7 July 2023 / Accepted: 4 April 2024 / Published: 12 April 2024

Abstract: Efficient and cost-effective performance of the initial timber floating is provided by scientifically sound planning of rafting operations. A specialized computer program has been developed to carry out operational planning of the initial timber floating in improved flat raft sections. It makes it possible to calculate the transport and operational indicators of flat raft units depending on the transport conditions, the parameters of the round timber, the physical and mechanical properties of the raft wood, the percentage of wood with increased and limited buoyancy, and the type of raft bracing used. The program also allows plotting the dependence of the depth of the flat raft immersion on the main factors affecting this indicator. Computer-aided planning of the initial timber floating was implemented in improved flat raft units during freestyle rafting for conditions when the dimensions of the floating route change during navigation. It is established that in the spring and autumn when the minimum depth of the floating route varies from 2.0 to 1.4 m and the minimum width of the floating route varies from 10.0 to 8.8 m, the design of a flat raft made according to RF patent No. 2777676 should be used. In the summer, when the dimensions of the floating route for a long period of time are of a minimum value, that is, the minimum depth of the floating route is 1.3 m, and the minimum width of the floating route is 8.6 m, the design of a flat raft unit made according to RF patent No. 210485 should be used. The application of the developed computer program allows automating the operational planning of the initial timber floating in flat raft sections.

Keywords: flat raft unit; draft; dimensions of the floating route, volume of wood

1. Введение

Реализация первоначального сплава лесоматериалов по известным транспортно-технологическим схемам [1—2], функционирующим на базе плоских сплочных единиц, обеспечивается следующими мероприятиями [3—8]:

- Разработка современных плоских сплочных единиц [9—14], характеризующихся высокими транспортно-эксплуатационными показателями.
- Создание технических средств [15], [16], предназначенных для изготовления усовершенствованных плоских сплочных единиц.
- Оперативное планирование первоначального сплава лесоматериалов в усовершенствованных плоских сплочных единицах при изменении габаритов сплава, параметров лесоматериалов и физико-механических свойств сплавленной древесины на протяжении всей навигации.

Последнее мероприятие требует создания специальных программ для электронно-вычислительных машин (ЭВМ), позволяющих оперативно произвести расчёт основных транспортно-эксплуатационных показателей сплочных единиц, т. к. требуется неоднократный перерасчёт транспортно-эксплуатационных показателей плоских сплочных единиц в результате изменения транспортных условий из-за влияния климатических факторов.

Цель работы — разработать программу для ЭВМ, предназначенную для автоматизации процесса планирования первоначального сплава лесоматериалов в усовершенствованных плоских сплочных единицах, и реализовать оперативное планирование первоначального сплава лесоматериалов при изменении транспортных условий на протяжении всей навигации.

2. Материалы и методы

При разработке программы для ЭВМ, которая предназначена для автоматизации процесса планирования первоначального сплава лесоматериалов в плоских сплочных единицах, был произведён анализ российских и зарубежных систем программирования [17—27]. В интегрированной системе программирования Borland Delphi 7 [28—32] на языке Object Pascal создана многофункциональная программа для ЭВМ [33], интерфейс которой представлен на рисунке 1. Данная программа позволяет не только достоверно выполнить планирование первоначального сплава лесоматериалов в усовершенствованных плоских сплочных единицах, но и построить графики зависимости осадки плоских сплочных единиц от основных факторов, влияющих на данный показатель [33], [34]. Расчёт транспортно-эксплуатационных показателей может осуществляться с учётом изменения транспортных условий, параметров используемых круглых лесоматериалов, физико-механических свойств сплавленной древесины, процентного содержания древесины повышенной и ограниченной плавучести, а также вида используемого сплочного такелажа.

В программе исходный текст имеет объём 1,9 Мбайт, а сама программа предъявляет определённые требования к компьютеру, который должен иметь процессор не ниже Pentium 1,6 ГГц и объём оперативной памяти не менее 256 Мбайт.

Работа в предлагаемой программе начинается посредством командной кнопки «Расчётный анализ» (см. рисунок 1). С помощью данной командной кнопки переходим в открывшееся окно «Расчётный анализ» (рисунок 2а). В открывшемся окне «Расчётный анализ» «Конструкция плоской сплочной единицы № 1» — это плоская сплочная единица, выполненная по патенту РФ № 2777674 (ПСЕ1). «Конструкция плоской сплочной единицы № 2» — это плоская сплочная единица, выполненная по патенту РФ № 210485 (ПСЕ2), а «Конструкция плоской сплочной единицы № 3» — это плоская сплочная единица, выполненная по патенту РФ № 2777676 (ПСЕ3). Командная кнопка «Расчёт» даёт возможность рассчитать по отдельности транспортно-эксплуатационные показатели каждой усовершенствованной плоской сплочной единицы. В свою очередь, при выборе кнопки «Сводный расчёт» появляется рабочее окно «Сводный расчётный анализ плоских сплочных единиц» (рисунок 2б). В появившемся окне производится расчёт транспортно-эксплуатационных показателей данных сплочных единиц.



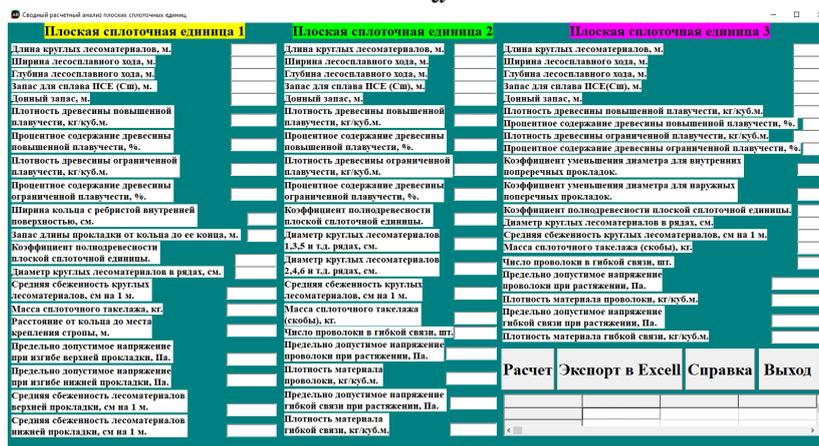
Рисунок 1. Интерфейс программы планирования сплава лесоматериалов в усовершенствованных плоских сплочных единицах

Figure 1. Interface of the timber floating planning program in advanced flat raft units

Оперативное планирование первоначального сплава лесоматериалов в усовершенствованных плоских сплочных единицах при изменении транспортных условий на протяжении всей навигации осуществляется при следующем условии: в ходе всей навигации изменяются минимальная глубина $h_{ЛХ}$ и минимальная ширина $b_{ЛХ}$ сплавного хода, а остальные параметры факторов, влияющих на транспортно-эксплуатационные показатели плоских сплочных единиц, остаются постоянными.



a



б

Рисунок 2. Интерфейс командной кнопки «Расчётный анализ»: *a* — форма расчётного анализа; *б* — форма сводного расчётного анализа

Figure 2. Interface of the «Calculation Analysis» command button: **(a)** calculation analysis form; **(b)** summary calculation analysis form

Обуславливаемся, что при открытии навигации минимальная глубина сплавного хода составляет 2,0 м. Затем на протяжении навигации минимальная глубина сплавного хода уменьшается с шагом 0,1 м до 1,3 м, что является значением летнего периода, когда наступает межень. В осенний период минимальная глубина сплавного хода увеличивается с шагом 0,1 м до 1,5 м. Таким образом, расчёт транспортно-эксплуатационных показателей усовершенствованных плоских сплотовых единиц будет осуществляться при глубине $h_{ЛХ}$, равной 2,0, 1,9, 1,8, 1,7, 1,6, 1,5, 1,4, 1,3, 1,4 и 1,5 м. Минимальная ширина сплавного хода при открытии навигации составляет 10,0 м. На протяжении всей навигации минимальная ширина сплавного хода уменьшается с шагом 0,2 м до 8,6 м, что соответствует показателю летнего периода, когда наступает межень. В осенний период ширина $b_{ЛХ}$ увеличивается с шагом 0,2 м до 9,1 м. Следовательно, расчёт транспортно-эксплуатационных показателей

усовершенствованных плоских сплottedных единиц будет осуществляться при ширине $b_{лх}$, равной 10,0, 9,8, 9,6, 9,4, 9,2, 9,0, 8,8, 8,6, 8,8 и 9,0 м.

Параметры идентичных факторов, влияющих на транспортно-эксплуатационные показатели усовершенствованных плоских сплottedных единиц, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры идентичных факторов, влияющих на транспортно-эксплуатационные показатели усовершенствованных плоских сплottedных единиц

Table 1. Parameters of identical factors affecting the transport and operational performance of improved flat raft units

Факторы	Плоская сплottedная единица		
	ПСЕ1	ПСЕ2	ПСЕ3
Длина круглых лесоматериалов, м	6,0	6,0	6,0
Диаметр круглых лесоматериалов в верхнем отрезе во всех рядах, см	20,0	20,0	20,0
Плотность древесины повышенной плавучести, кг/м ³	700,0	700,0	700,0
Плотность древесины ограниченной плавучести, кг/м ³	800,0	800,0	800,0
Содержание древесины повышенной плавучести, %	50,0	50,0	50,0
Содержание древесины ограниченной плавучести, %	50,0	50,0	50,0
Запас для сплава плоских сплottedных единиц вольницей, м	2,0	2,0	2,0
Донный запас, м	0,3	0,3	0,3
Средняя сбежистость круглых лесоматериалов, см на 1,0 м	1,0	1,0	1,0

Для ПСЕ1 идентичными факторами с разными параметрами являются коэффициент полндревесности и масса сплottedного такелажа. Коэффициент полндревесности плоской сплottedной единицы для диаметра круглых лесоматериалов в верхнем отрезе 20,0 см принимается равным 0,47, а масса сплottedного такелажа составляет 50,0 кг. К неидентичным факторам относятся следующие: ширина кольца с ребристой внутренней поверхностью 5,0 см; запас длины прокладки от кольца до её конца 0,3 м; расстояние от кольца до места крепления стропы 0,2 м; предельно допустимое напряжение при изгибе верхней прокладки (сосна обыкновенная) $4,8 \cdot 10^7$ Па; предельно допустимое напряжение при изгибе нижней прокладки (сосна обыкновенная) $4,8 \cdot 10^7$ Па; средняя сбежистость лесоматериалов верхней прокладки 1,0 см на 1 м; средняя сбежистость лесоматериалов нижней прокладки 1,0 см на 1 м.

Идентичные факторы с разными параметрами для ПСЕ2: коэффициент полндревесности и масса сплottedного такелажа (скобы). В данном случае коэффициент полндревесности плоской сплottedной единицы для диаметра круглых лесоматериалов в верхнем отрезе 20,0 см будет 0,70, а масса сплottedного такелажа (скобы) — 50,0 кг. Неидентичные факторы для данной сплottedной единицы — это число проволоки в гибкой связи (15 шт.); предельно

допустимое напряжение проволоки при растяжении $5 \cdot 10^8$ Па; плотность материала проволоки 7800 кг/м^3 ; предельно допустимое напряжение гибкой связи при растяжении $5 \cdot 10^8$ Па; плотность материала гибкой связи 7800 кг/м^3 .

В отношении ПСЕЗ идентичные факторы с разными параметрами: коэффициент полндревесности и масса сплочного такелажа (скобы). Для диаметра круглых лесоматериалов в верхнем отрезе 20,0 см коэффициент полндревесности данной плоской сплочной единицы принимается равным 0,81, а масса сплочного такелажа (скобы) составляет 50,0 кг. Неидентичные факторы, касающиеся ПСЕЗ, следующие: коэффициент уменьшения диаметра для внутренних поперечных прокладок 0,85; коэффициент уменьшения диаметра для наружных поперечных прокладок 1,0; число проволоки в гибкой связи 15 шт.; предельно допустимое напряжение проволоки при растяжении $5 \cdot 10^8$ Па; плотность материала проволоки 7800 кг/м^3 ; предельно допустимое напряжение гибкой связи при растяжении $5 \cdot 10^8$ Па; плотность материала гибкой связи 7800 кг/м^3 .

Принимая во внимание все условия по планированию первоначального сплава лесоматериалов в усовершенствованных плоских сплочных единицах (при изменении транспортных условий на протяжении всей навигации) и используя установленные требования к параметрам всех факторов, влияющих на транспортно-эксплуатационные показатели сплочных единиц, было выполнено оперативное планирование первоначального сплава лесоматериалов. При этом оперативное планирование первоначального сплава лесоматериалов в усовершенствованных плоских сплочных единицах реализовывалось путём расчёта их основных транспортно-эксплуатационных показателей.

3. Результаты

На основе параметров всех факторов, влияющих на транспортно-эксплуатационные показатели сплочных единиц, реализовано оперативное планирование первоначального сплава лесоматериалов в усовершенствованных плоских сплочных единицах. Полученные расчётные данные по основным транспортно-эксплуатационным показателям плоских сплочных единиц приведены в таблице 2. Основные транспортно-эксплуатационные показатели усовершенствованных плоских сплочных единиц, приведённые в таблице 2, подтверждают, что независимо от изменения минимальной ширины и глубины сплавного хода ПСЕ2 и ПСЕ3 имеют наиболее высокие показатели. При изменении ширины $b_{\text{ЛХ}}$ и глубины $h_{\text{ЛХ}}$ фактическая длина ПСЕ1, ПСЕ2 и ПСЕ3 остаётся постоянной, т. к. она зависит от длины заготавливаемых круглых лесоматериалов. В свою очередь, такие показатели у ПСЕ1, ПСЕ2 и ПСЕ3, как фактическая ширина, высота и осадка, непостоянные, и при сокращении габаритов сплавного хода они уменьшаются. Следовательно, сокращение габаритов сплавного хода приводит к уменьшению фактической ширины и высоты плоских сплочных единиц, а значит, уменьшается объём древесины в них.

Таблица 2. Результаты расчёта основных транспортно-эксплуатационных показателей усовершенствованных плоских сплочных единиц

Table 2. The results of the calculation of the main transport and operational indicators of improved flat raft units

Транспортно-эксплуатационные показатели	Параметры показателей $\frac{h_{ЛХ}}{b_{ЛХ}}$									
	$\frac{2,0}{10,0}$	$\frac{1,9}{9,8}$	$\frac{1,8}{9,6}$	$\frac{1,7}{9,4}$	$\frac{1,6}{9,2}$	$\frac{1,5}{9,0}$	$\frac{1,4}{8,8}$	$\frac{1,3}{8,6}$	$\frac{1,4}{8,8}$	$\frac{1,5}{9,0}$
—	Плоская сплочная единица № 1 (ПСЕ1)									
Фактическая длина, м	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Фактическая ширина, м	5,07	4,84	4,61	4,15	3,92	3,46	3,0	2,54	3,0	3,46
Фактическая высота, м	2,26	1,98	1,96	1,66	1,64	1,34	1,3	1,26	1,3	1,34
Фактическая осадка, м	1,7	1,49	1,48	1,25	1,24	1,01	0,98	0,95	0,98	1,01
Фактический объём древесины, м ³	32,31	27,06	25,51	19,5	18,17	13,12	11,02	9,01	11,02	13,12
—	Плоская сплочная единица № 2 (ПСЕ2)									
Фактическая длина, м	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Фактическая ширина, м	5,29	4,83	4,6	4,14	3,91	3,45	2,99	2,53	2,99	3,45
Фактическая высота, м	2,05	2,03	1,78	1,76	1,5	1,48	1,24	1,23	1,24	1,48
Фактическая осадка, м	1,58	1,57	1,37	1,36	1,15	1,14	0,95	0,95	0,95	1,14
Фактический объём древесины, м ³	45,58	41,25	34,35	30,7	24,59	21,5	15,57	13,08	15,57	21,5
—	Плоская сплочная единица № 3 (ПСЕ3)									
Фактическая длина, м	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
Фактическая ширина, м	4,83	4,6	4,37	3,91	3,45	3,22	2,76	2,07	2,76	3,22
Фактическая высота, м	2,22	2,02	1,82	1,82	1,62	1,43	1,43	1,23	1,43	1,43
Фактическая осадка, м	1,69	1,54	1,39	1,39	1,23	1,08	1,08	0,93	1,08	1,08
Фактический объём древесины, м ³	53,9	46,73	40,02	35,8	28,14	23,05	19,75	12,74	19,75	23,05

Обоснование эффективности выполнения первоначального сплава лесоматериалов на базе определённой сплочной единицы реализуется с помощью графиков зависимости объёма древесины в усовершенствованных плоских сплочных единицах от параметров сплавного хода. Указанные графики, изображённые на рисунке 3, были построены на основе расчётных данных, приведённых в таблице 2. В соответствии с изображёнными графиками наименьший объём содержания древесины у ПСЕ1, а наибольший объём древесины — у ПСЕ3. Исключением является случай, когда $h_{ЛХ} = 1,3$ м и $b_{ЛХ} = 8,6$ м, что соответствует межённому периоду года. При данных обстоятельствах ПСЕ2 содержит на 2,7 % больше древесины по сравнению с ПСЕ3.

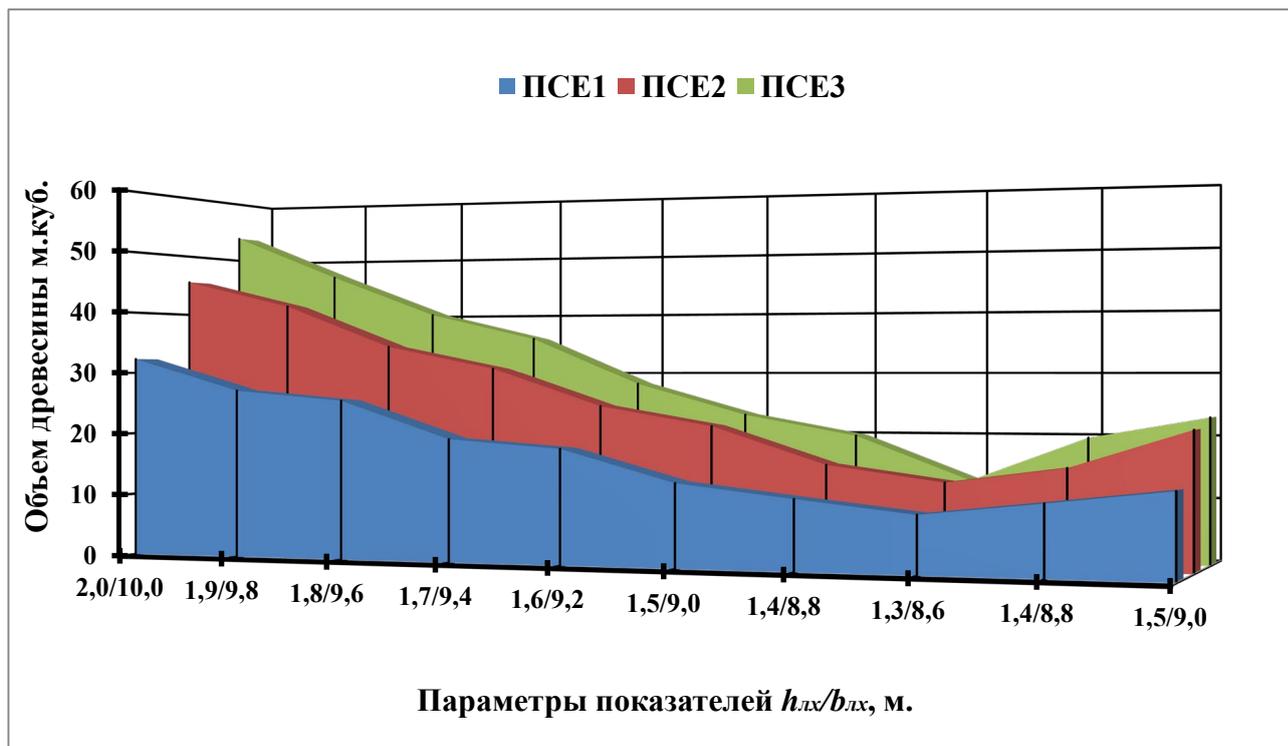


Рисунок 3. Графики зависимости объёма древесины в усовершенствованных плоских сплотовых единицах от глубины и ширины сплавного хода

Figure 3. Graphs of the dependence of the volume of wood in improved flat raft units on the depth and width of the floating route

В практических условиях меженный период года, когда $h_{лх} = 1,3$ м, а $b_{лх} = 8,6$ м, может быть краткосрочным, интервальным и долгосрочным. Краткосрочный меженный период — это единичный случай в течение одной навигации, когда габариты сплавного хода имеют минимальные показатели. Интервальный меженный период — это неоднократное установление минимальных показателей сплавного хода в течение одной навигации, т. е. когда присутствуют постоянные колебания габаритов сплавного хода. В данном случае высшая точка — это максимальные габариты сплавного хода, а низшая точка — это минимальные габариты сплавного хода. Долгосрочный меженный период — это когда габариты сплавного хода однократно принимают минимальные значения в рамках одной навигации и на протяжении длительного времени остаются неизменными. При этом для каждого бассейна краткосрочный, интервальный и долгосрочный периоды устанавливаются индивидуально.

Так как, в соответствии с графиком, изображённым на рисунке 3, меженный период года влияет на выбор конструкции плоской сплотовой единицы, которая будет считаться базовой, поэтому требуется предметное обоснование целесообразности использования конструкции ПСЕ2 по отношению конструкции ПСЕ3 для каждого вида меженного периода.

Для краткосрочного меженного периода года обуславливаемся, что данный промежуток времени составляет пять рабочих дней. Рабочий день включает 8 ч, где интервал времени между плывущими плоскими сплоточными единицами составляет 0,1 ч. Следовательно, объём сплава лесоматериалов в ПСЕЗ за пять рабочих дней будет равен 5096,0 м³. В свою очередь, объём сплава лесоматериалов в ПСЕ2 за пять рабочих дней составит 5232,0 м³. Из данных расчётов видно, что разность между объёмом сплава лесоматериалов в ПСЕ2 и объёмом сплава лесоматериалов в ПСЕЗ равна 136,0 м³. Значит, целесообразность использования конструкции ПСЕ2 взамен конструкции ПСЕЗ при межени присутствует, т. к. транспортировка 136,0 м³ лесоматериалов сухопутным транспортом влечёт большие финансовые затраты. Исключение составляет тот случай, когда в меженный период планируется сплав лесоматериалов объёмом меньше или равным 5096,0 м³, что в практических условиях будет являться сплавом остаточного объёма заготовленных лесоматериалов на лесосеке.

Основным условием для интервального меженного периода является то, что в указанный период присутствует пятикратное установление минимальных показателей сплавного хода в течение одной навигации общей продолжительностью 20 рабочих дней. При этом рабочий день составляет восемь часов, а интервал времени между плывущими плоскими сплоточными единицами равен 0,1 ч. На основе принятых условий объём сплава лесоматериалов в ПСЕЗ за 20 рабочих дней составляет 20384,0 м³, а объём сплава лесоматериалов в ПСЕ2 за такой же период — 20928,0 м³. Таким образом, объём сплава лесоматериалов в ПСЕ2 превышает на 544,0 м³ объёма сплава лесоматериалов в ПСЕЗ. Отсюда следует, что использование конструкции ПСЕ2 в меженный период является целесообразным, т. к. исключается необходимость транспортировки 544,0 м³ лесоматериалов сухопутным транспортом. Если в меженный период планируется сплав лесоматериалов объёмом меньше или равным 20384,0 м³, то необходимо использовать конструкцию ПСЕЗ. Данные обстоятельства возникают при сплаве остаточного объёма заготовленных лесоматериалов на лесосеке.

В отношении долгосрочного меженного периода регламентируются следующие условия. Продолжительность данного периода составляет 35 рабочих дней. Рабочий день устанавливается восьмичасовым, а интервал времени между плывущими плоскими сплоточными единицами — 0,1 ч. Тогда объём сплава лесоматериалов в ПСЕЗ за 35 рабочих дней составит 35672,0 м³. При этом объём сплава лесоматериалов в ПСЕ2 за такой же период будет равен 36624,0 м³. Учитывая приведённый расчёт, можно сделать вывод, что целесообразность использования конструкции ПСЕ2 взамен конструкции ПСЕЗ при межени присутствует. Это связано с тем, что объём сплава лесоматериалов в ПСЕЗ меньше на 952,0 м³ по сравнению с объёмом сплава лесоматериалов в ПСЕ2. Целесообразность использования конструкции ПСЕЗ будет в том случае, когда сплав лесоматериалов в меженный период меньше или равен 35672,0 м³. Данные обстоятельства возникают при сплаве остаточного объёма заготовленных лесоматериалов на лесосеке.

Приведённые расчётные данные в таблице 2, построенные графики (рисунок 3) и установленный объём сплава лесоматериалов в меженный период года показывают, что при организации первоначального сплава лесоматериалов в усовершенствованных плоских сплottedных единицах при условии сплава их вольницей рационально использовать плоские сплottedные единицы, выполненные по патенту РФ № 2777676 (ПСЕ3) и по патенту РФ № 210485 (ПСЕ2). Данные плоские сплottedные единицы будут выступать как базовые при организации первоначального сплава лесоматериалов. В весенний и осенний периоды при изменении минимальной ширины сплавного хода от 10,0 до 8,7 м и минимальной глубины сплавного хода от 2,0 до 1,4 м следует использовать конструкцию плоской сплottedной единицы, выполненную по патенту РФ № 2777676 (ПСЕ3). Если $b_{лх} = 8,6$ м, а $h_{лх} = 1,3$ м, то в летний период года, когда наступает межень, необходимо применять конструкцию плоской сплottedной единицы, выполненную по патенту РФ № 210485 (ПСЕ2). Практическое использование различных конструкций плоских сплottedных единиц в зависимости от фактических габаритов сплавного хода в конкретный период времени осуществимо за счёт того, что грузовая платформа [16] позволяет изготавливать плоские сплottedные единицы ПСЕ3 (патент РФ № 2777676) и ПСЕ2 (патент РФ № 210485) без внесения в них конструктивных изменений. Указанная комбинация использования различных конструкций усовершенствованных плоских сплottedных единиц необходима для того, чтобы реализовать сплав максимального объёма лесоматериалов по водным объектам, имеющим лимитирующие габариты сплавного хода, за короткий промежуток времени.

4. Обсуждение и заключение

Разработанная компьютерная программа для автоматизации процесса планирования первоначального сплава лесоматериалов в усовершенствованных плоских сплottedных единицах является современным решением для оперативного планирования сплава плоских сплottedных единиц вольницей при изменении транспортных условий, параметров используемых круглых лесоматериалов, физико-механических свойств сплавляемой древесины, процентного содержания древесины повышенной и ограниченной плавучести, а также вида используемого сплottedного такелажа. Программа для ЭВМ учитывает конструктивные особенности современных плоских сплottedных единиц (патенты РФ № 2777674, № 210485, № 2777676), предназначенных для эксплуатации в сложных условиях плавания, и позволяет установить конструкцию плоской сплottedной единицы, которая будет наиболее эффективной при сложившихся условиях выполнения сплава лесоматериалов. При этом установление приоритетности определённой конструкции усовершенствованной плоской сплottedной единицы осуществляется по расчётным данным её транспортно-эксплуатационных показателей для конкретных условий сплавных работ.

Также реализовано оперативное планирование первоначального сплава лесоматериалов в усовершенствованных плоских сплоточных единицах при условии изменения ширины сплавного хода от 10,0 до 8,7 м и глубины сплавного хода от 2,0 до 1,4 м. Выявлено, что при изменении ширины и глубины сплавного хода следует использовать конструкцию плоской сплоточной единицы, выполненную по патенту РФ № 2777676 (ПСЕЗ). В том случае, когда $b_{лх} = 8,6$ м, а $h_{лх} = 1,3$ м, необходимо применять конструкцию плоской сплоточной единицы, выполненную по патенту РФ № 210485. Указанная комбинация в практических условиях реализуема, т. к. грузовая платформа (патент РФ № 213802) позволяет изготавливать плоские сплоточные единицы (патенты РФ № 2777676 и № 210485) при погрузке лесоматериалов на лесопромышленном складе (терминале) или непосредственно на лесосеке.

Предлагаемая комбинация использования конструкций усовершенствованных плоских сплоточных единиц позволит наиболее эффективно выполнить первоначальный сплав лесоматериалов с максимальным использованием пропускной способности эксплуатируемых водных объектов, в т. ч. и в меженный период года.

Список литературы

1. *Васильев В. В.* Транспортно-технологическая схема поставки древесины водным транспортом в плоских сплоточных единицах по принципу плоская сплоточная единица — плот // Арктика: инновационные технологии, кадры, туризм: Материалы междунар. научно-практич. онлайн-конф., г. Воронеж, 17—19 ноября 2020 г. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова», 2020. С. 335—340.
2. *Васильев В. В., Аксенов И. И.* Транспортно-технологическая схема поставки лесоматериалов потребителям в плоских сплоточных единицах по принципу плоская сплоточная единица — баржа // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы междунар. научно-практич. конф., г. Воронеж, 24—25 ноября 2020 г. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ», 2020. С. 30—33.
3. *Васильев В. В., Афоничев Д. Н.* Усовершенствованные системы плотового сплава лесоматериалов. Saarbrücken (Германия): Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 284 с.
4. *Васильев В. В., Афоничев Д. Н.* Обоснование показателя гибкости плота из сплоточных единиц // Известия вузов. Лесной журнал. 2022. № 4. С. 146—155. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-4-146-155.
5. *Васильев В. В., Афоничев Д. Н.* Использование плоских сплоточных единиц на первоначальном сплаве лесоматериалов // Известия вузов. Лесной журнал. 2022. № 1. С. 128—142. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-1-128-142.
6. *Васильев В. В.* Расчёт транспортно-эксплуатационных показателей усовершенствованной плоской сплоточной единицы // Resources and Technology. 2022. Т. 19, № 4. С. 1—22. DOI: 10.15393/j2.art.2022.6365.
7. *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.
8. Brevet 2882723 FR, Int. Cl.8 B63B 35/00, 3/08, 7/02. Embarcation modulaire pour le transport des grumes par voie d'eau / demandeur Roumengas Jonsa Guy; Mandataire SCHMITT. No. 0502132; la date de la demande 03.03.2005; la date de parution 21.10.2005, bulletin 06/36. 14 p.
 9. Патент 2777674 Р. Ф., МПК В65В 35/02, В65G 69/20. Плоская сплottedная 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 им. Г. Ф. Морозова» (RU). № 2021140068; заявл. 30.12.2021; опубл. 08.08.2022, Бюл. № 22. 8 с.
 10. Патент 210485 Р. Ф., МПК В63В 35/62. Плоская сплottedная 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 им. Г. Ф. Морозова» (RU). № 2021125409; заявл. 19.10.2020; опубл. 18.04.2022, Бюл. № 11. 5 с.
 11. Патент 2777676 Р. Ф., МПК В65В 35/02. Плоская сплottedная 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 им. Г. Ф. Морозова» (RU). № 2021140062; заявл. 30.12.2021; опубл. 08.08.2022, Бюл. № 22. 8 с.
 12. *Васильев В. В., Афоничев Д. Н.* Расчёт прочности модернизированной плоской сплottedной единицы // Resources and Technology. 2023. Т. 20, № 1. С. 1—25. DOI: 10.15393/j2.art.2023.6623.
 13. *Васильев В. В.* Расчёт транспортно-эксплуатационных показателей усовершенствованной плоской сплottedной единицы // Resources and Technology. 2022. Т. 19, № 4. С. 1—22. DOI: 10.15393/j2.art.2022.6365.
 14. *Васильев В. В.* Усовершенствованная плоская сплottedная единица с повышенным коэффициентом полндревесности // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы междунар. научно-практич. конф. (Россия, г. Воронеж, 25 ноября 2022 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ», 2022. С. 37—43.
 15. Патент 199681 Р. Ф., МПК В65G 69/00, 57/18. Сплottedная машина / В. В. Васильев, Д. Н. Афоничев, В. А. Морковин, Е. В. Поздняков; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова» (RU). № 2020119839; заявл. 08.06.2020; опубл. 14.09.2020, Бюл. № 26. 5 с.
 16. Патент 213802 Р. Ф., МПК В60Р 3/41. Грузовая платформа / В. В. Васильев, Д. Н. Афоничев, А. В. Лощенко; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский ГАУ» (RU). № 2022123837; заявл. 08.09.2022; опубл. 29.09.2022, Бюл. № 28. 10 с.
 17. *Афоничев Д. Н.* Информационные технологии в науке и производстве. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ», 2018. 122 с.

18. Информационные технологии / Д. Н. Афоничев, А. Н. Беляев, С. Н. Пиляев [и др.]. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ», 2016. 267 с.
19. *Schwalbe K.* Information technology project management. Cengage, 2019. 609 p.
20. *Brian K. W., Stacey C. S.* Using information technology (9th complete edition). McGraw-Hill, 2010. 606 p.
21. *Brian K. W., Stacey C. S.* Using information technology: a practical introduction to computers and communications. McGraw-Hill Education, 2015. 621 p.
22. *Schwalbe K.* Information technology project management (vol. 8). Cengage learning, 2016. 643 p.
23. *Otero A. R.* Information technology control and audit. Auerbach publications, 2019. 511 p.
24. *Dornberger R.* New trends in business information systems and technology: digital innovation and digital business transformation. Springer, 2021. 323 p.
25. *Ali Ismail Awad, Fairhurst M.* Information security: foundations, technologies and applications. Institution of Engineering & Technology, 2018. 418 p.
26. *Baldwin R.* The great convergence: information technology and the new globalization. Belknap Press, 2016. 344 p.
27. *Tatnall A.* Encyclopedia of education and information technologies. Springer, 2020. 1826 p.
28. *Gabrijelčić P.* Mastering Delphi programming: a complete reference guide. Packt Publishing, 2019. 674 p.
29. *Collingbourne H.* The little book of Delphi programming: learn to program with Object Pascal. Dark Neon, 2020. 194 p.
30. *Prasnikar D., Prasnikar N. Jr.* Delphi Thread Safety Patterns. Dark Neon, 2022. 324 p.
31. *Cantù M.* Delphi 2009 Handbook. Wintech Italia Srl, Italy, 2008. 400 p.
32. *Teti D.* Delphi Cookbook. Packt publishing, 2014. 332 p.
33. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022685549. Программа для планирования сплава древесины в плоских сплотовых единицах / В. В. Васильев, Д. Н. Афоничев, В. А. Морковин, Е. В. Поздняков; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова». Заявл. 24.12.2022, зарегистр. 24.12.2022.
34. *Васильев В. В.* Автоматизированное планирование сплава лесоматериалов в плоских сплотовых единицах // Современные вопросы автоматизации и систем управления в технических, организационных и экономических системах: Материалы национал. научно-практич. конф. студентов и молодых учёных, г. Воронеж, 27 марта 2023 г. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова», 2023. С. 13—23. URL: <https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2023/nacionalnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-studentov-i-molodyh-uchenyh-sovremennye-voprosy-avtomatizacii-i-sistem-upravlen>. Текст: электронный.

References

1. Vasiliev V. V. Transport and technological scheme of wood supply by water transport in flat-flow units according to the principle of flat-flow unit — raft. *Arctic: innovative technologies, personnel, tourism: materials of international scientific practice. Online conferences. Voronezh, November 17—19, 2020.* Voronezh, Voronezh State Forestry University named after G. F. Morozov, 2020, pp. 335—340. (In Russ.).
2. Vasiliev V. V., Aksenov I. I. Transport and technological scheme of timber supply to consumers in flat-flow units according to the principle of flat-flow unit — barge. *Science and education at the present stage of development: experience, problems and solutions: materials of the*

- international scientific and practical conference. Voronezh 24—25 November 2020. Voronezh, Voronezh State Agrarian University, 2020, pp. 30—33. (In Russ.).*
3. 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.).
 4. 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.).
 5. 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.).
 6. 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.).
 7. 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.
 8. Patent 2882723 FR, Int. THIS.8 B63B 35/00, 3/08, 7/02. Modular boat for the transport of logs by water. Applicant Roumengas Jonsa Guy; Agent SCHMITT, no. 0502132; the date of application 03.03.2005; the date of publication 21.10.2005, bulletin 06/36. 14 p.
 9. Vasiliev V. V., Afonichev D. N., Morkovin V. A., Abramov V. V., Pozdnyakov E. V. Patent 2777674 R. F., IPC B65B 35/02, B65G 69/20. 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. 2021140068; application 30.12.2021; publ. 08.08.2022, Byul. no. 22. 8 p. (In Russ.).
 10. 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.).
 11. Vasiliev V. V., Afonichev D. N., Morkovin V. A., Abramov V. V., Pozdnyakov E. V. Patent 2777676 R. F., IPC B65B 35/02. Flat splice unit. Applicant and patent holder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Voronezh State Forestry Engineering University named after G. F. Morozov» (RU), no. 2021140062; application 30.12.2021; publ. 08.08.2022, Byul. no. 22. 8 p. (In Russ.).
 12. Vasiliev V. V., Afonichev D. N. Calculation of the strength of a modernized flat-flow unit. *Resources and Technology*, 2023, vol. 20, no. 1, pp. 1—25. doi: 10.15393/j2.art.2023.6623. (In Russ.).
 13. 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.).
 14. Vasiliev V. V. An improved flat cohesive unit with an increased full-weight coefficient. *Science and education at the present stage of development: experience, problems and ways to solve them: materials of the International scientific and practical conference (Russia, Voronezh, November 25, 2022)*. Voronezh, Voronezh State Agrarian University, 2022, pp. 37—43. (In Russ.).
 15. Vasiliev V. V., Afonichev D. N., Morkovin V. A., Poznyakov E. V. Patent 199681 R. F., IPC B65G 69/00, 57/18. The Splotch machine. Applicant and patent holder Federal State

Budgetary Educational Institution of Higher Education «Voronezh State Forestry University named after G. F. Morozov» (RU), no. 2020119839; application. 08.06.2020; publ. 14.09.2020, Bul. no. 26. 5 p. (In Russ.).

16. Vasiliev V. V., Afonichev D. N., Loschenko A. V. Patent 213802 R. F., IPC B60P 3/41. Cargo platform. Applicant and patent holder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Voronezh State Agrarian University» (RU), no. 2022123837; application 08.09.2022; publ. 29.09.2022, Bul. no. 28. 10 p. (In Russ.).
17. Afonichev D. N. *Information technologies in science and production*. Voronezh, Voronezh State Agrarian University, 2018. 122 p. (In Russ.).
18. Afonichev D. N., Belyaev A. N., Pilyaev S. N., Zobov S. Yu. *Information technologies*. Voronezh, Voronezh State Agrarian University, 2016. 267 p. (In Russ.).
19. Kathy Schwalbe. *Information technology project management*. Cengage, 2019. 609 p.
20. Brian K. Williams, Stacey C. Sawyer. *Using information technology (9th complete edition)*. McGraw-Hill, 2010. 606 p.
21. Brian K. Williams, Stacey C. Sawyer. *Using information technology: a practical introduction to computers and communications*. McGraw-Hill Education, 2015. 621 p.
22. Kathy Schwalbe. *Information technology project management (vol. 8)*. Cengage learning, 2016. 643 p.
23. Otero Angel R. *Information technology control and audit*. Auerbach publications, 2019. 511 p.
24. Rolf Dornberger. *New trends in business information systems and technology: digital innovation and digital business transformation*. Springer, 2021. 323 p.
25. Ali Ismail Awad, Michael Fairhurst. *Information security: foundations, technologies and applications*. Institution of Engineering & Technology, 2018. 418 p.
26. Richard Baldwin. *The great convergence: information technology and the new globalization*. Belknap Press, 2016. 344 p.
27. Arthur Tatnall. *Encyclopedia of education and information technologies*. Springer, 2020. 1826 p.
28. Primož Gabrijelčič. *Mastering Delphi programming: a complete reference guide*. Packt Publishing, 2019. 674 p.
29. Huw Collingbourne. *The little book of Delphi programming: learn to program with Object Pascal*. Dark Neon, 2020. 194 p.
30. Dalija Prasnikař, Neven Jr. Prasnikař. *Delphi Thread Safety Patterns*. Dark Neon, 2022. 324 p.
31. Marco Cantù. *Delphi 2009 Handbook*. Wintech Italia Srl, Italy, 2008. 400 p.
32. Daniel Teti. *Delphi Cookbook*. Packt publishing, 2014. 332 p.
33. Vasiliev V. V., Afonichev D. N., Morkovin V. A., Pozdnyakov E. V. Certificate of state registration of the computer program 2022685549. The program for planning wood alloy in flat cohesive units; applicant and copyright holder of the FSBEI VO «Voronezh State Forestry Engineering University named after G. F. Morozov». Claimed on 12/24/2022, registered on 12/24/2022. (In Russ.).
34. Vasiliev V. V. Automated planning of timber alloy in flat cohesive units. *Modern issues of automation and control systems in technical, organizational and economic systems: materials of the National scientific and practical conference of students and young scientists, Voronezh, March 27, 2023*. Voronezh, FSBEI VO «Voronezh State Forestry Engineering University named after G. F. Morozov», 2023, pp. 13—23. Available at: <https://vgltu.ru/nauka/konferencii-/2023/nacionalnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-studentov-i-molodyh-uchenyh-sovremennye-voprosy-avtomatizacii-i-sistem-upravlen>. Text. Image: electronic. (In Russ.).