

**ОЦЕНКА ОСАДКИ ПЛОСКИХ СПЛОТОЧНЫХ ЕДИНИЦ
В ПРОГРАММЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
СПЛАВА ДРЕВЕСИНЫ**
**ESTIMATION OF THE PRECIPITATION OF FLAT COHESIVE UNITS
IN THE AUTOMATED WOOD ALLOY PLANNING PROGRAM**

Васильев В.В., к.т.н. доцент

Афоничев Д.Н., д.т.н., профессор

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет

имени императора Петра I»

г. Воронеж, Россия

vasiliev.vladimir87@mail.ru

Vasiliev V.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Afonichev D.N., Doctor of Technical Sciences, Professor

FSBEI HE «Voronezh State Agrarian University

named after Emperor Peter the Great»

Voronezh, Russian Federation

Аннотация: Выполненные расчеты в разработанной компьютерной программе, предназначенной для автоматизированного планирования сплава древесины, позволили получить закономерности изменения осадки усовершенствованных плоских сплочных единиц от таких показателей, как плотность древесины, глубина сплавного хода и диаметр круглых лесоматериалов, из которых собраны эти сплочные единицы. Данные закономерности необходимы для обоснования параметров плоских сплочных единиц, обеспечивающих безопасное плавание, при заданных параметрах сплавного хода.

Summary: The calculations performed in the developed computer program designed for automated planning of wood fusion made it possible to obtain patterns of precipitation changes of improved flat cohesive units from such indicators as wood density, depth of the alloy stroke and diameter of round timber from which these cohesive units are assembled. These patterns are necessary to substantiate the parame-

ters of flat cohesive units, ensuring safe navigation, with the specified parameters of the rafting course.

Ключевые слова: компьютерная программа, плоская сплottedная единица, круглые лесоматериалы, осадка, плотность, коэффициент полнодревесности, диаметр, глубина сплавного хода.

Keywords: computer program, flat solid unit, round logs, draft, density, full-wood ratio, diameter, depth of the floating stroke.

Одним из ключевых транспортно-эксплуатационных показателей плоских сплottedных единиц является осадка [1-6], которая регламентирует габаритные размеры сплottedных единиц и обеспечивает безопасность проведения первоначального сплава лесоматериалов. Осадка плоских сплottedных единиц зависит от многих факторов, но основными факторами являются плотность древесины, глубина сплавного хода, диаметр лесоматериалов (в верхнем отрезе), располагаемых в их рядах, коэффициент полнодревесности.

Для детального исследования влияния основных факторов на осадку усовершенствованных плоских сплottedных единиц применялась разработанная специализированная компьютерная программа [7-9], написанная на языке Object Pascal в интегрированной среде программирования Borland Delphi 7. Для выполнения расчетов применялась кнопка «Графики», где в появившееся окно «Панель ввода исходных данных» (рисунок 1, а) заносились параметры, характеризующие сплавной ход, лесоматериалы, сплottedный такелаж. Для построения предназначена кнопка «Построение графиков» (рисунок 1, а). На рисунке 1 обозначено: конструкция плоской сплottedной единицы № 1 – это сплottedная единица (патент РФ № 2777674) [10], конструкция плоской сплottedной единицы № 2 – это сплottedная единица (патент РФ № 210485) [11], а конструкция плоской сплottedной единицы № 3 – это сплottedная единица (патент РФ № 2777676) [12].

Зависимости осадки плоских сплottedных единиц от плотности древесины установлены при условиях: длина лесоматериалов – 6,0 м; диаметр лесоматериалов в верхнем отрезе – 24,0 см; ширина сплавного хода – 10,0 м; глубина сплавного хода – 2,0 м; запас для сплава плоских сплottedных единиц – 2,0 м; донный запас – 0,3 м; средняя сбежистость лесоматериалов – 1,0 см на 1,0 м; глубина сплавного хода – 1,5 м. Для плоской сплottedной единицы № 1 дополнительно учитывались параметры: ширина кольца – 5 см; запас длины прокладки от кольца до ее конца – 0,3 м; коэффициент полнодревесности – 0,49; масса

Панель ввода исходных данных

Плоская цилиндрическая единица №1

№	Лкц, м	Бцл, м	Бцх, м	Св, м	дл, м	гзлн, кг/куб м	гвсзлн, %	гзлн, кг/куб м	гвсзлн, %	Вк, см	лзлн, м	Квсц	Вкц, см	Вс
1	6	10	1,5	2	0,3	500	50	500	50	5	0,3	0,49	24	
2	6	10	1,5	2	0,3	550	50	550	50	5	0,3	0,49	24	
3	6	10	1,5	2	0,3	600	50	600	50	5	0,3	0,49	24	
4	6	10	1,5	2	0,3	650	50	650	50	5	0,3	0,49	24	
5	6	10	1,5	2	0,3	700	50	700	50	5	0,3	0,49	24	

Плоская цилиндрическая единица №2

№	Лкц, м	Бцл, м	Бцх, м	Св, м	дл, м	гзлн, кг/куб м	гвсзлн, %	гзлн, кг/куб м	гвсзлн, %	d135, см	d246, см	Квсц	зпр, мм	В
1	6	10	1,5	2	0,3	500	50	500	50	24	24	0,705	15	
2	6	10	1,5	2	0,3	550	50	550	50	24	24	0,705	15	
3	6	10	1,5	2	0,3	600	50	600	50	24	24	0,705	15	
4	6	10	1,5	2	0,3	650	50	650	50	24	24	0,705	15	
5	6	10	1,5	2	0,3	700	50	700	50	24	24	0,705	15	

Плоская цилиндрическая единица №3

№	Лкц, м	Бцл, м	Бцх, м	Св, м	дл, м	гзлн, кг/куб м	гвсзлн, %	гзлн, кг/куб м	гвсзлн, %	Квнн	Квнн	Квсц	Вкц, см	В
1	6	10	1,5	2	0,3	500	50	500	50	0,84	0,98	0,805	24	
2	6	10	1,5	2	0,3	550	50	550	50	0,84	0,98	0,805	24	
3	6	10	1,5	2	0,3	600	50	600	50	0,84	0,98	0,805	24	
4	6	10	1,5	2	0,3	650	50	650	50	0,84	0,98	0,805	24	
5	6	10	1,5	2	0,3	700	50	700	50	0,84	0,98	0,805	24	

Построение графиков

Выход

Справка

Плоская силоточная единица 1															
N	Лсд, м	Вдх, м	Вдл, м	Сдв, м	дд, м	сдвн, кг/куб м /гидрав, %	сдвн, кг/куб м /гидрав, %	Вс, см	Вдх, м	Класс	Вдл, см	Песок, см	Вет, %		
1	6	10	1,5	2	0,3	700	50	800	50	5	0,3	0,43	10	1	50
2	6	10	1,5	2	0,3	700	50	800	50	5	0,3	0,458	15	1	50
3	6	10	1,5	2	0,3	700	50	800	50	5	0,3	0,47	20	1	50
4	6	10	1,5	2	0,3	700	50	800	50	5	0,3	0,493	25	1	50
Плоская силоточная единица 2															
N	Лсд, м	Вдх, м	Вдл, м	Сдв, м	дд, м	сдвн, кг/куб м /гидрав, %	сдвн, кг/куб м /гидрав, %	д135, см	д246, см	Класс	впр, мет	Песок, см	Вет, %		
1	6	10	1,5	2	0,3	700	50	800	50	10	10	0,67	15	1	50
2	6	10	1,5	2	0,3	700	50	800	50	15	15	0,685	15	1	50
3	6	10	1,5	2	0,3	700	50	800	50	20	20	0,7	15	1	50
4	6	10	1,5	2	0,3	700	50	800	50	25	25	0,705	15	1	50
Плоская силоточная единица 3															
N	Лсд, м	Вдх, м	Вдл, м	Сдв, м	дд, м	сдвн, кг/куб м /гидрав, %	сдвн, кг/куб м /гидрав, %	Класс	Класс	Класс	Вдл, см	Песок, см	Вет, %		
1	6	10	1,5	2	0,3	700	50	800	50	0,95	1,15	0,84	10	1	50
2	6	10	1,5	2	0,3	700	50	800	50	0,9	1,07	0,825	15	1	50
3	6	10	1,5	2	0,3	700	50	800	50	0,85	1	0,81	20	1	50
4	6	10	1,5	3	0,3	700	50	800	50	0,83	0,98	0,803	25	1	50

Рисунок 1 – Интерфейс программы:

42

Для плоской сплottedной единицы № 2 дополнительно учитывались: коэффициент полндревесности – 0,70; масса сплottedного такелажа – 50 см; число проволоки в гибкой связи – 15 шт.; предельно допустимое напряжение при растяжении проволоки – $5 \cdot 10^8$ Па; плотность материала проволоки – 7800 кг/м³.

Для плоской сплottedной единицы № 3 дополнительно учитывались: коэффициент полндревесности – 0,80; масса сплottedного такелажа – 50 см; число проволоки в гибкой связи – 15 шт.; предельно допустимое напряжение при растяжении проволоки – $5 \cdot 10^8$ Па; плотность материала проволоки – 7800 кг/м³; коэффициенты уменьшения диаметра для внутренних и наружных поперечных прокладок соответственно – 0,84 и 0,99. Варьирование плотности древесины осуществлялось от 500 кг/м³ с шагом 50 кг/м³.

Графики зависимости осадки плоских сплottedных единиц от плотности древесины изображены на рисунке 2. Они представляют собой ломаные линии, из-за отсутствия возможности укладки рядов круглых лесоматериалов на всю расчетную высоту плоских сплottedных единиц, когда сумма среднего диаметра круглых лесоматериалов в рядах превышает расчетную максимально допустимую высоту плоских сплottedных единиц. Расчетная максимально допустимая высота сплottedных единиц зависит от минимальной глубины сплавного хода и плотности древесины используемых лесоматериалов. При этом из приведенных графиков на рисунке 2 следует, что наибольшая (критическая) осадка у плоской сплottedной единицы № 3 присутствует при плотности древесины 500 кг/м³. При других показателях плотности древесины осадка данной сплottedной единицы изменяется в допустимых пределах, обеспечивающих минимальную вероятность образования затора сплаваемых плоских сплottedных единиц на сплавном ходе водного объекта. Следовательно, по отношению разных показателей плотности древесины, находящейся в плоских сплottedных единицах, наиболее целесообразно использовать плоскую сплottedную единицу № 3 (патент РФ № 2777676 [12]), так как она содержит в себе максимальный объем древесины при соответствии габаритам водного пути [8, 9].

Зависимости осадки плоских сплottedных единиц от глубины водного пути определены при условиях: длина лесоматериалов – 6,0 м; диаметр лесоматериалов в верхнем отрезе – 20,0 см; плотность древесины повышенной плавучести – 700,0 кг/м³; плотность древесины ограниченной плавучести – 800,0 кг/м³; содержание древесины повышенной плавучести – 50,0 %; содержание древесины ограниченной плавучести – 50,0 %; ширина сплавного хода – 10,0 м; запас для сплава плоских сплottedных единиц – 2,0 м; донный запас – 0,3 м;

средняя сбежистость лесоматериалов – 1,0 см на 1,0 м. Коэффициент полноресности для плоских сплоточных единиц № 1, № 2 и № 3 принимался соответственно 0,47, 0,7 и 0,81. При этом для плоской сплоточной единицы № 3 коэффициенты уменьшения диаметра для внутренних и наружных поперечных прокладок приняты 0,85 и 1,0. Глубина сплавного хода равна 1,0 м и варьируется с шагом 0,1 м. Остальные показатели плоских сплоточных единиц применялись аналогично параметрам плоских сплоточных единиц, используемых при построении графиков зависимости осадки от плотности древесины. Графики установленных зависимостей показаны на рисунке 3.



Рисунок 2 – Графики зависимости осадки плоских сплоточных единиц от плотности древесины



Рисунок 3 – Графики зависимости осадки плоских сплоточных единиц от глубины сплавного хода

По графикам рисунка 3 видно, что при увеличении глубины сплавного хода осадка увеличивается, расчетная осадка плоской сплотовой единицы № 3 не превышает допустимую осадку. Наименьшую осадку имеет плоская сплотовая единица № 1, но она включает в себя наименьший объем древесины. Значит, при разных показателях глубины сплавного хода целесообразно использовать плоскую сплотовую единицу (патент РФ № 2777676 [12]).

При установлении зависимости осадки плоских сплотовых единиц от диаметра лесоматериалов в верхнем отрезе приняты следующие данные: длина лесоматериалов – 6,0 м; плотность древесины повышенной плавучести – 700,0 кг/м³; плотность древесины ограниченной плавучести – 800,0 кг/м³; содержание древесины повышенной плавучести – 50,0 %; содержание древесины ограниченной плавучести – 50,0 %; ширина сплавного хода – 10,0 м; глубина сплавного хода – 1,5 м; запас для сплава плоских сплотовых единиц – 2,0 м; донный запас – 0,3 м; средняя сбежистость лесоматериалов – 1,0 см на 1,0 м. Диаметр лесоматериалов варьировался от 10,0 см до 55,0 см через 5 см. Коэффициенты полндревесности плоских сплотовых единиц приняты: № 1 – по [1], № 2 – по [2], № 3 – по [3]. Коэффициенты уменьшения диаметра для внутренних и наружных поперечных прокладок для плоской сплотовой единицы № 3 приняты согласно данным, приведенным в работе [6]. Оставшиеся показатели плоских сплотовых единиц применялись, такими же, как при построении графиков зависимости осадки от плотности древесины. Полученные графики зависимости приведены на рисунке 4.



Рисунок 4 – Графики зависимости осадки плоских сплотовых единиц от диаметра круглых лесоматериалов в верхнем отрезе

Графические зависимости, представленные на рисунке 4, являются ломаными линиями, из-за отсутствия возможности укладки рядов круглых лесоматериалов на всю расчетную высоту плоских сплотовых единиц, когда сумма среднего диаметра круглых лесоматериалов в рядах превышает расчетную максимально допустимую высоту плоских сплотовых единиц. Также влияние на укладку количества рядов круглых лесоматериалов на всю расчетную высоту плоских сплотовых единиц оказывает изменение среднего диаметра круглых лесоматериалов в рядах. Из приведенных графиков, следует, что у плоской сплотовой единицы № 3 наибольшая (критическая) осадка будет при диаметре лесоматериалов в верхнем отрезе от 10,0 см до 15,0 см, а при диаметре лесоматериалов от 15,0 см по 55,0 см осадка является допустимой. Так как в реальных условиях сплавляемые лесоматериалы имеют диаметр 15,0...35,0 см, при которых плоская сплотовая единица № 3 характеризуется допустимой осадкой и содержит максимальный объем древесины [8, 9], то целесообразно использовать плоскую сплотовую единицу (патент РФ № 2777676 [12]).

Список литературы

1. Васильев, В.В. Исследование коэффициента полндревесности плоской сплотовой единицы / В.В. Васильев // Современный лесной комплекс страны: актуальные векторы развития: матер. Всероссийской науч.-практ. конф.; г. Воронеж, 5 октября 2023 г. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГЛТУ имени Г.Ф. Морозова», 2023. – С. 166–174. – URL: <https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2023/vserossijskaya-nauchno-prakticheskayakonferenciya-sovremennyj-lesnoj-kompleks-strany-aktualnye-vektory-razvitiya/>.
2. Васильев, В.В. Исследование коэффициента полндревесности усовершенствованной плоской сплотовой единицы / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев // Resources and Technology. – 2025. – № 1, Т. 22. – С. 90–104. – URL: <https://rt.petrstu.ru/journal/article.php?id=7503>. – DOI: 10.15393/j2.art.2024.8163.
3. Васильев, В.В. Экспериментальное определение коэффициента полндревесности усовершенствованной плоской сплотовой единицы / В.В. Васильев // Resources and Technology. – 2023. – № 4, Т. 20. – С. 28–44. – URL: <https://rt.petrstu.ru/journal/article.php?id=7103>. – DOI: 10.15393/j2.art.2023.7103.
4. Васильев, В.В. Расчет прочности модернизированной плоской сплотовой единицы / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев // Resources and Technology. – 2023. – № 1, Т. 20. – С. 1-25. – URL: <https://rt.petrstu.ru/journal/article.php?id=6623>. – DOI: 10.15393/j2.art.2023.6623.

5. Васильев, В.В. Расчет транспортно-эксплуатационных показателей усовершенствованной плоской сплottedной единицы / В.В. Васильев // Resources and Technology. – 2022. – № 4, Т. 19. – С. 1-22. – URL: <https://rt.petrstu.ru/journal/article.php?id=6365>. – DOI: 10.15393/j2.art.2022.6365.

6. Васильев, В.В. Обоснование параметров поперечных прокладок усовершенствованной плоской сплottedной единицы / В.В. Васильев // Инновационные технологии и технические средства для АПК: матер. междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов; г. Воронеж, 9-10 ноября 2023 года. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. – Ч. II. – С. 40–48.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022685549 РФ. Программа для планирования сплава древесины в плоских сплottedных единицах / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, В.А. Морковин, Е.В. Поздняков; заявл. 24.12.2022 ;опубл. 24.12.2022 ; правообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова».

8. Васильев, В.В. Автоматизированное планирование сплава лесоматериалов в плоских сплottedных единицах / В.В. Васильев // Современные вопросы автоматизации и систем управления в технических, организационных и экономических системах: матер. национальной науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых, г. Воронеж, 27 марта 2023 г. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГЛТУ имени Г.Ф. Морозова», 2023. – С. 13–23.

9. Васильев, В.В. Автоматизация планирования первоначального сплава лесоматериалов в плоских сплottedных единицах / В.В. Васильев // Resources and Technology. – 2024. – Т. 21, № 2. – С. 15–31. – URL: <https://rt.petrstu.ru/journal/article.php?id=7223>. – DOI: 10.15393/j2.art.2024.7223.

10. Пат. 2777674 РФ, 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 ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова». – № 2021140068; заявл. 30.12.2021; опубл. 08.08.2022, бюл. № 22. – 8 с.

11. Пат. 210485 РФ, МПК В 63 В 35/62. Плоская сплottedная единица / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, В.А. Морковин, В.В. Абрамов, Е.В. Поздняков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова». – № 2021125409; заявл. 19.10.2020; опубл. 18.04.2022, бюл. № 11. – 5 с.

12. Пат. 2777676 РФ, 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 ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова». – № 2021140062; заявл. 30.12.2021; опубл. 08.08.2022, бюл. № 22. – 8 с.

References

1. Vasiliev, V.V. Investigation of the coefficient of full-timbering of a flat cohesive unit / V.V. Vasiliev // Modern forest complex of the country: actual vectors of development: mater. All-Russian Scientific and Practical Conference; Voronezh, October 5, 2023 – Voronezh: VGLTU named after G.F. Morozov, 2023. – Pp. 166-174. – URL: <https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2023/vserossiyskaya-nauchno-prakticheskayakonferenciya-sovremennyj-lesnoj-kompleks-strany-aktualnye-vektory-razvitiya/>.
2. Vasiliev, V.V. Investigation of the full-wood coefficient of an improved flat cohesive unit / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev // Resources and Technology. – 2025. – No. 1, vol. 22. – Pp. 90-104. – URL: <https://rt.petsu.ru/journal/article.php?id=7503> . - DOI: 10.15393/j2.art.2024.8163.
3. Vasiliev, V.V. Experimental determination of the woodiness coefficient of an improved flat cohesive unit / V.V. Vasiliev // Resources and Technology. – 2023. – No. 4, Vol. 20. – Pp. 28-44. – URL: <https://rt.petsu.ru/journal/article.php?id=7103> . - DOI: 10.15393/j2.art.2023.7103.
4. Vasiliev, V.V. Calculation of the strength of a modernized flat split unit / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev // Resources and Technology. – 2023. – No. 1, vol. 20. – Pp. 1-25. – URL: <https://rt.petsu.ru/journal/article.php?id=6623> . - DOI: 10.15393/j2.art.2023.6623.
5. Vasiliev, V.V. Calculation of transport and operational indicators of an improved flat cohesive unit / V.V. Vasiliev // Resources and Technology. – 2022. – No. 4, vol. 19. – Pp. 1-22. – URL: <https://rt.petsu.ru/journal/article.php?id=6365> >. - DOI: 10.15393/j2.art.2022.6365.
6. Vasiliev, V.V. Substantiation of the parameters of transverse gaskets of an improved flat cohesive unit / V.V. Vasiliev // Innovative technologies and technical means for the agroindustrial complex: mater. International Scientific and Practical Conference of young scientists and specialists; Voronezh, November 9-10, 2023. Voronezh: Voronezh State Pedagogical University, 2023. – Part II. – Pp. 40-48.
7. Certificate of state registration of the computer program No. 2022685549 of the Russian Federation. A program for planning wood fusion in flat cohesive units / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev, V.A. Morkovin, E.V. Pozdnyakov ; application no.

12/24/2022 ; published no. 12/24/2022 ; copyright holder of Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov.

8. Vasiliev, V.V. Automated planning of timber materials fusion in flat cohesive units / V.V. Vasiliev // Modern issues of automation and control systems in technical, organizational and economic systems: mater. National Scientific and Practical Conference of Students and Young Scientists, Voronezh, March 27, 2023. Voronezh: FGBOU VO "VGLTU named after G.F. Morozov", 2023. – Pp. 13-23.

9. Vasiliev, V.V. Automation of planning of the initial timber alloy in flat cohesive units / V.V. Vasiliev // Resources and Technology. – 2024. – Vol. 21, No. 2. – Pp. 15-31. – URL: <https://rt.petrstu.ru/journal/article.php?id=7223> . -DOI: 10.15393/j2.art.2024.7223.

10. Pat. 2777674 of the Russian Federation, IPC B65B 35/02, B65G 69/20. Flat cohesive unit / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev, V.A. Morkovin, V.V. Abramov, E.V. Pozdnyakov; applicant and patent holder of Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov. – No. 2021140068; application no. 12/30/2021; published 08/08/2022, bul. no. 22. – 8 p.

11. Patent 210485 of the Russian Federation, IPC B 63 B 35/62. Flat cohesive unit / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev, V.A. Morkovin, V.V. Abramov, E.V. Pozdnyakov; applicant and patent holder of Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov. – No. 2021125409; application no. 10/19/2020; published on 04/18/2022, byul. no. 11. – 5 p.

12. Pat. 2777676 RF, IPC B65B 35/02. Flat cohesive unit / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev, V.A. Morkovin, V.V. Abramov, E.V. Pozdnyakov; applicant and patent holder of Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov. – No. 2021140062; application no. 12/30/2021; published 08/08/2022, bul. no. 22. – 8 p.