

УДК 634*378

П.Н. Перфильев, В.А. Барабанов, А.А. Митрофанов

Архангельский государственный технический университет

Перфильев Павел Николаевич родился в 1984 г., окончил в 2006 г. Архангельский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры водного транспорта леса и гидравлики АГТУ. Имеет 4 печатные работы по исследованиям гидродинамических характеристик линеек из плоских сплottedных единиц.
E-mail: perfilievua@mail.ru



Барабанов Виктор Александрович родился в 1945 г., окончил в 1967 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры водного транспорта леса и гидравлики Архангельского государственного технического университета. Имеет более 75 печатных работ в области совершенствования водного транспорта леса и взаимодействия тел с жидкостью.
E-mail: v.barabanov45@bk.ru



Митрофанов Александр Александрович родился в 1941 г., окончил в 1964 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водного транспорта леса и гидравлики Архангельского государственного технического университета, академик РАЕН. Имеет более 220 печатных работ в области гидродинамики взаимодействия плохобтекаемых тел с жидкостью, механики грунтов, научного обоснования и разработки новых экологически защищенных технологий водного транспорта леса по рекам с недостаточными глубинами.
E-mail: agtusplav@mail.ru



МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ЛИНеек ИЗ ПЛОСКИХ СПЛОТочных ЕДИНИц ДЛя УСЛОВИЙ ЛЕСОСПЛАВА НА КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКАХ РЕК

Рассмотрены условия транспортировки линеек из плоских сплottedных единиц. Разработана методика расчета интервала между ними в зависимости от радиуса закруглений рек.

Ключевые слова: лесосплав, плоская сплottedная единица, криволинейный участок реки.

В связи с отменой молевого сплава древесина по малым рекам в настоящее время практически не сплавляется. Поэтому в отдаленных лесозаготовочных районах, где нет железнодорожного транспорта, а автомобильный не окупается, лесозаготовки не ведутся. В обществе сохраняется острая социальная проблема занятости населения, заводы не получают сырья. Проблему можно решить, внедряя новые технологии лесосплава по рекам с ограниченными глубинами на базе объемных плоских сплottedных единиц (ПСЕ) малой осадки [3, 4, 6, 7]. Большинство малых рек являются извилистыми, что затрудняет проход линейки из ПСЕ через криволинейные участ-

ки русла. Поэтому очень важно правильно подобрать габариты линейки и особенно интервалы между ПСЕ.

При рассмотрении условий транспортировки леек можно выделить некоторые транспортно-путевые характеристики рек: большая извилистость русла; ограниченная ширина русла и лесосплавного хода; неблагоприятный скоростной режим течения, обусловленный подъемом и спадом уровней воды в половодье; ограниченный период лесосплава и необходимость совмещения его во многих случаях со встречными судовыми перевозками на временно судоходных реках; наличие свальных течений. В связи с этими особенностями линейка из ПСЕ должна быть большегрузной, иметь повышенную гибкость и допускать применение дополнительных средств управления [2].

На криволинейных участках рек русла формируются под воздействием поперечных течений, возникающих вследствие центробежной силы водного потока, прямо пропорциональной квадрату скорости течения и обратно пропорциональной радиусу кривизны. В начале криволинейного берега поверхностные струи потока направляются от выпуклого берега к вогнутому по криволинейным траекториям, сходящимся у фарватера, вблизи вогнутого берега. Здесь струи, участвуя в поперечной циркуляции потока, винтообразно спускаются вниз к дну реки, создавая донное течение, расходящееся и поднимающееся на поверхность на участке перегиба русла в плане.

В результате поступательного и вращательного перемещения речного потока и сложного винтообразного движения воды формируется русло. Соотношение между глубинами на криволинейном и прямолинейном участках потока имеет вид [5]

$$h_{к.с} = h \left(1 + \tau \sqrt{b/r_b} \right), \quad (1)$$

где $h_{к.с}$ – средняя глубина в створе наибольших глубин криволинейного участка, расположенном несколько ниже вершины кривой вогнутого берега (примерно на расстоянии $0,6 l_k$ от вершины кривой, где l_k – длина кривой), м;

h – средняя глубина на прямолинейном участке, м;

b – ширина потока на прямолинейном участке, м;

r_b – радиус кривизны выпуклого берега излучины, м;

τ – коэффициент, зависящий от отношения b/r_b , при b/r_b , равном 6, 5, 4, 3, 2, 1,5, коэффициент τ имеет значения соответственно 0,60; 0,60; 0,65; 0,75; 0,85 и 2,00.

Ширина потока на закруглении – величина переменная, обычно меньшая, чем на прямолинейном участке. Минимальная ширина устойчивого участка на кривой наблюдается в створе, расположенном несколько ниже вершины кривой вогнутого берега. Таким образом, форма устойчивого криволинейного русла в плане часто характеризуется на первом его участке уменьшением ширины b_k от b до $b_{к.с}$, а на втором, нижнем по течению, – увеличением от $b_{к.с}$ до b (рис. 1). Отмеченная особенность очертания криволинейных участков рек на плане имеет существенное значение при проведе-

нии сплава, так как на сужающемся участке русла линейка из ПСЕ может заклиниваться между берегами. Наряду с этим в плане встречаются излучины, в вершине которых ширина русла наибольшая, причем на верхнем по течению участке русло расширяется, а на нижнем сужается. При этом наблюдается сдвиг вершины излучины вниз по течению у выпуклого берега по сравнению с ее положением у вогнутого (рис. 1).

В некоторых случаях сдвиг вершины выпуклого и вогнутого берегов бывает значительным, при этом плавность очертания излучины в плане не соблюдается, а эффект заклинивания линейки из ПСЕ в закруглении проявляется в еще большей мере [5]. На криволинейных относительно широких участках рек сплавляемая линейка прижимается к вогнутому берегу. Здесь ширина сплавной трассы значительно сужается.

Плотность заполнения полосы движения на закруглении возрастает по сравнению с прямолинейным участком реки. При выходе линейки из закругления полоса движения постепенно расширяется, и при значительном протяжении прямолинейного участка между излучинами линейка снова заполняет всю ширину реки. Таким образом, сплавная трасса сужается в закруглениях и расширяется на прямолинейных участках. Наименьшая ширина сплавной трассы b_c устанавливается обычно в конце закругления. На схеме сплавной трассы (рис. 2) видно, что отмели расположены у выпуклых берегов.

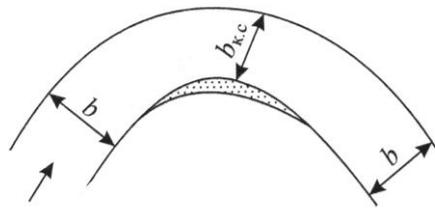


Рис. 1. Изменение ширины реки на

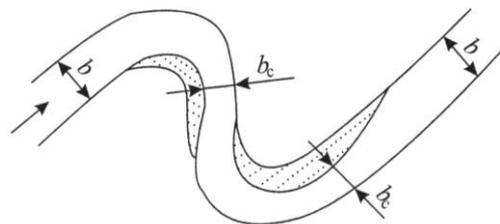


Рис. 2. Схема сплавной трассы на криволинейном участке реки

Размеры линейки из ПСЕ в плане для лесосплава принимают с учетом ширины лесосплавного хода и максимально возможного ее объема при ограниченной ширине реки.

Выбор средств управления линейкой зависит от ее транспортных качеств и путевых условий рек или по результатам опытного проплава по реке, вновь осваиваемой для лесосплава. Число требуемых буксировщиков рассчитывают в зависимости от продолжительности периода лесосплава, коэффициента использования времени буксировки по полному рабочему процессу – обороту судна, состоящему из пробега с возом от места отправления до места назначения, обратного пробега, подготовительно-заключительных операций и приема [5].

Из рис. 3 следует

$$(r_B + B)^2 + \frac{l^2}{4} = (r_B + b)^2, \quad (2)$$

откуда длина линейки из ПСЕ

$$l = 2\sqrt{2r_B(b - B) + b^2 - B^2}, \quad (3)$$

где l – длина линейки из ПСЕ, м;

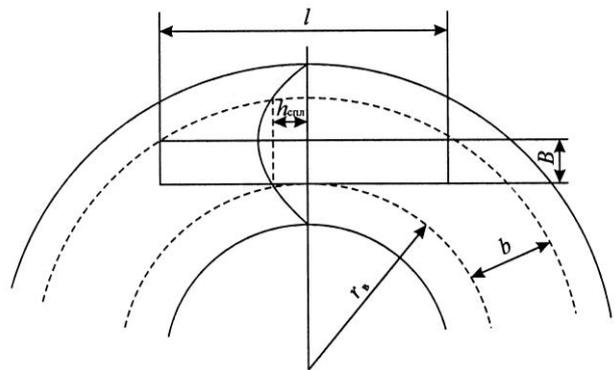
r_B – радиус кривой, соответствующий сплавной глубине у выпуклого берега, м;

b – ширина полосы по зеркалу реки, обеспеченная сплавными глубинами, м;

B – ширина линейки, м.

Конструкция линейки должна обладать повышенной гибкостью, достигаемой за счет интервалов между ПСЕ [1, 5]. Рассмотрим вписываемость линейки в криволинейный участок реки и методику расчета требуемого интервала между ПСЕ. Линейка из шести ПСЕ изображена на рис 4.

Рис. 3. К расчету геометрической вписываемости линейки из ПСЕ в закругление потока



Длину выпуклой части линейки из ПСЕ определим по формулам

$$L_1 = \frac{2\pi r_1}{360} \alpha; \quad (4)$$

$$L_2 = \frac{2\pi r_2}{360} \alpha; \quad (5)$$

$$L_2 = L_1 + xc', \quad (6)$$

где L_1, L_2 – длина линейки из ПСЕ соответственно без интервалов и с интервалами, м;

x – число промежутков;

c' – интервал между ПСЕ, м.

Подставив формулы (4) и (5) в (6), получим

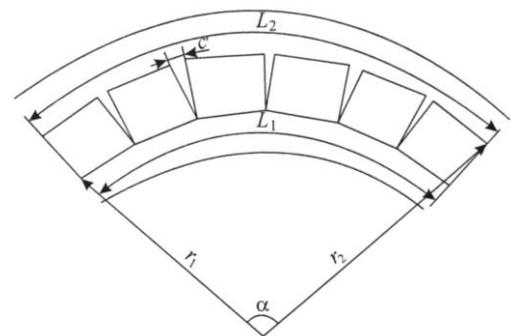


Рис. 4. Геометрическая вписываемость линейки из ПСЕ в криволинейный участок реки

$$\frac{2\pi r_2}{360} \alpha = \frac{2\pi r_1}{360} \alpha + xc' , \quad (7)$$

откуда

$$c' = \frac{\pi\alpha(r_2 - r_1)}{180x} = \frac{\pi\alpha B}{180x} . \quad (8)$$

Таким образом, можно утверждать, что величина интервала зависит от геометрической вписываемости линейки из ПСЕ в криволинейные участки реки. По формуле (8) рассчитаны интервалы между ПСЕ в зависимости от радиуса кривизны реки:

r , м	c' , м	r , м	c' , м
50	1,07	125	0,42
75	0,70	150	0,34
100	0,52		

На основании этих данных для практических расчетов интервала нами получена эмпирическая зависимость

$$c' = 66r^{-1,05} , \quad (9)$$

которая проверена на адекватность при помощи критерия Фишера. Его расчетное значение – 0,12, табличное – 4,4, т. е гипотеза об однородности дисперсий опытов не отвергается. Следовательно, уравнение (9) адекватно описывает экспериментальные данные.

Разработанная методика расчета параметров линеек из ПСЕ применительно к участкам закруглений рек будет способствовать широкому внедрению новых технологий лесосплава по рекам с ограниченными глубинами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будыка, С.Х. Водный транспорт леса и механизация лесосплавных работ [Текст]: учеб. пособие / С.Х. Будыка, Г.А. Манухин, А.Н. Пименов. – Минск: Вышш. шк., 1970. – 440 с.
2. Инструкция по проектированию лесосплавных предприятий [Текст]. – Л., 1979. – 294 с.
3. Митрофанов, А.А. Лесосплав. Новые технологии, научное и техническое обеспечение [Текст]: монография / А.А.Митрофанов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. – 492 с.
4. Митрофанов, А.А. Научное обоснование и разработка экологически безопасного плотового лесосплава [Текст] / А.А.Митрофанов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. – 268 с.
5. Мучник, С.Я. Регулирование сплавной трассы [Текст]: учеб. пособие / С.Я. Мучник, Н.Н. Панов – М.: Гослесбумиздат, 1955. – 240 с.
6. Перфильев, П.Н. Методика исследований гидродинамических характеристик линеек из плоских сплотовых единиц [Текст] / П.Н. Перфильев, А.А. Митрофанов // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. науч. тр. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. – Вып. 73. – С. 192–196.
7. Перфильев, П.Н. Проблемы лесосплава и методика исследований гидродинамических и инерционных характеристик линеек из плоских сплотовых единиц [Текст] / П.Н. Перфильев, Д.А. Штаборов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы IV Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2008. – Ч. 2. – С. 46–49.

Поступила 23.09.08

P.N. Perfiljev, V.A. Barabanov, A.A. Mitrofanov
Arkhangelsk State Technical University

Design Technique of Lines' Characteristics Made of Flat Raft Sections for Timber Rafting in Curve River Reaches

The transportation conditions of lines made of flat raft sections are considered. The procedure for calculating the interval between them depending on the river curves' radius is elaborated.

Keywords: timber rafting, flat raft section, curve river reach.
