

IV. ВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ ЛЕСА

С.Х. Будыка, М.Г. Красник,
Н.Н. Ярмолинский, Г.Г. Зеньков

РЕЗУЛЬТАТЫ БУКСИРОВОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПЛОТОВ ПЛОСКОЙ СПЛОТКИ

В связи с переходом от молевого сплава к плотовому плоской сплотки, что во многих случаях целесообразно и экономически эффективно, возникла необходимость в разработке методов транспортирования за механизированной тягой плотов плоской сплотки по первоначальным водным путям. Существующие методы буксировки и управляемости плотов магистрального сплава не всегда применимы к рекам первоначального сплава. Это обусловлено в основном резким различием в морфометрических характеристиках рек первоначального сплава и магистральных.

Наши исследования 1974 г. были посвящены полевым опытам по транспортированию плотов плоской сплотки по рекам первоначального сплава с целью сопоставления методов транспортирования плоских плотов (за буксирной тягой и толканием) и получения основных параметров плотов и буксировщиков.

Предварительно был проведен анализ габаритов пути по трем типовым водотокам — рекам: Березина (верховье, до оз. Палик), Молома, Вятка. По каждой реке были рассмотрены конкретные участки, где проводится плотовый сплав плоской сплотки. По рекам Вятке и Моломе ведется буксировка плоских плотов за механизированной тягой, а на верхнем участке р. Березины — сгон плоских плотов под управлением. В связи с этим граница начала транспортирования плотов за механизированной тягой относится к водотокам, имеющим характеристики, близкие к характеристикам Березины. Поэтому р. Березина на участке от д. Броды до оз. Палик была принята в качестве опытной.

Подготовительные работы для осуществления этих испытаний включали топографические и воднотранспортные изыскания, и проведены они были сотрудниками кафедры водного транспор-

та леса и гидравлики и НИЛ "Механизация лесозаготовок" БТИ им. С.М. Кирова на основании договора о содружестве с Плещеницким ПЛО.

В состав лесосплавных изысканий вошли следующие работы [1]: топографическая съемка, промеры глубины, составление планов участков реки, лимитирующих сплав; наблюдения над уровнями воды в реке и уклонами поверхности воды; измерение скоростей течения; наблюдения над деформацией русла и берегов; выделение и оборудование начальных, конечных и промежуточных створов участков реки, представляющих определенный интерес для буксировочных испытаний.

Для проведения натурных исследований использовались плоты плоской сплотки, которые в настоящее время транспортируются на участке д. Броды - оз.Палик. Плоты изготавливались из сплочных единиц плоской однорядной сплотки с накатом. Сплотка таких единиц производится на воде вручную. Опыт самосплава показал, что наиболее вписываемым будет плот, состоящий из единиц, в которых все вершины бревен поставлены вперед, а их оси расположены вдоль течения: это придает единице клиновидную форму. Длина сплаваемой единицы равна длине сортимента, входящего в нее, а ширина зависит от ширины сплавной трассы. Из таких единиц производится формирование плота необходимой длины. Наиболее удачным решением соединения сплочных единиц можно считать крестообразную сцепку 1 (рис. 1) из той же обвязочной проволоки, что и при вязке единиц. Такое соединение дает минимальное смещение задней кромки единицы А и передней кромки последующей единицы В в плоскости поверхности воды относительно оси плота. Наличие при этом разности в ширинах стыкующихся кромок сплочных единиц на какую-то величину а позволяет удерживать переднюю часть каждой единицы вдали от берега. Трение отдельной единицы и в целом плота о берег происходит при этом выступающей частью единицы и будет минимальным.

Размеры плотов определялись условиями вписывания их для Березины: ширина 8 - 9 м; длина буксируемых плотов № 1 и № 2 - соответственно $11\frac{1}{3}$ и 70 м; объем - соответственно ≈ 200 м³ и ≈ 118 м³.

Был изготовлен также специальный плот № 3 для толкания длиной 30 м, шириной 5,5 м и объемом ≈ 30 м³. Исходя из условий трудности создания жесткой секции плота с расположением бревен вдоль течения было выбрано расположение их перпендикулярно течению. Достаточная жесткость плота достига-

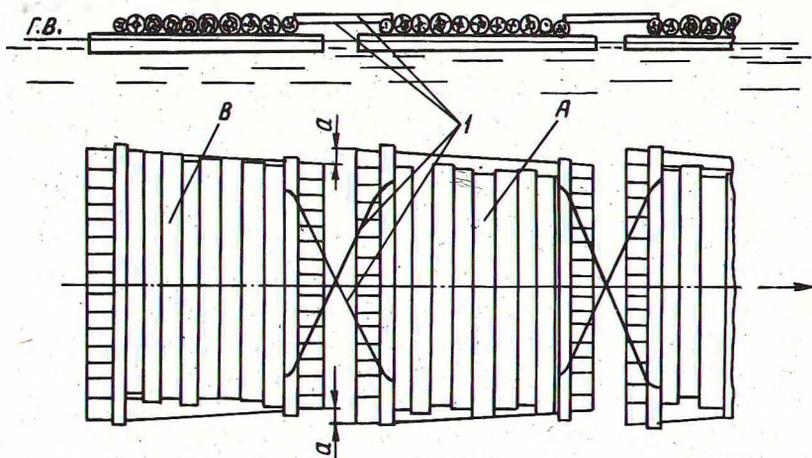


Рис. 1. Соединение сплочных единиц.

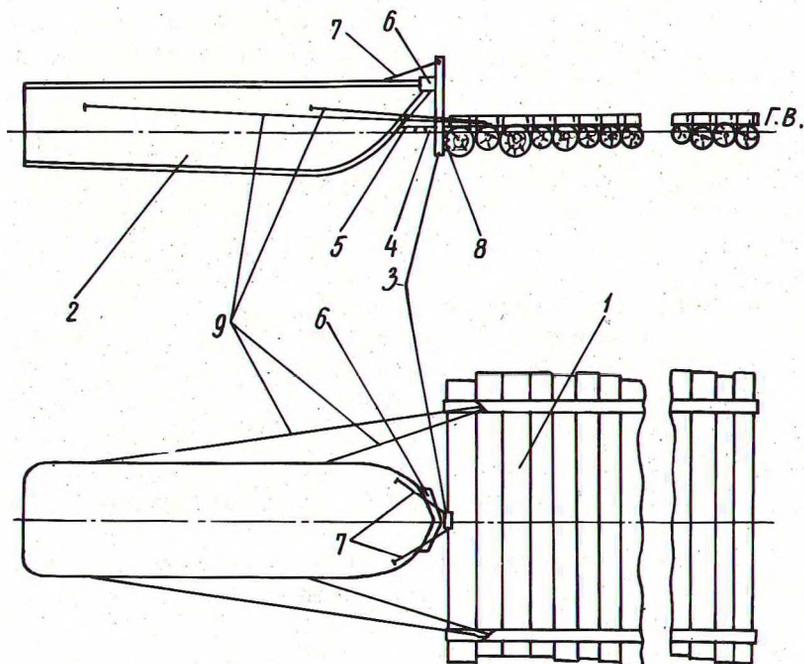


Рис. 2. Оборудование катера для толкания.

лась тем, что вязка его осуществлялась под ромжину с качественной утяжкой.

Для транспортирования плотов использовались буксирно-моторные катера БМК-90К и БМК-130М. При буксировке плотов никакого дополнительного оборудования на них и на катерах не устанавливалось. Использовался имеющийся на катере буксирный гак, за который крепился буксирный трос. В качестве последнего использовался стальной канат диаметром 12,5 мм.

Для толкания плота 1 (рис. 2) катер 2 был оборудован специальным упором 3, который крепился в носовой части судна. Упор 3 представляет собой двутавровую балку № 14 длиной 1,5 м. В нижней части его были приварены две проушины 4, которыми он при помощи болтов крепился к носовому рыму 5 катера. В верхней части упора была приварена стальная пластина 6, изогнутая по форме носа катера и плотно облегающая его по бортовой линии. Прижатие упора к корпусу судна осуществлялось двумя растяжками 7. Для предотвращения скольжения упора по бревну выше и ниже горизонта воды к упору были приварены шипы 8. Для жесткого соединения катера с толкаемым плотом последнее бревно, в которое упирался катер, было дополнительно прочно соединено с ромжинами и с тремя впереди лежащими бревнами. После этого катер был установлен строго по оси плота и крепко прижат к нему при помощи растяжек 9.

При испытаниях измерялись скорости движения плота относительно берега и воды. Относительно воды скорости измерялись с помощью малогабаритной вертушки Бурцева (ГР-55). Тяговые усилия на гаке буксировщика измерялись с помощью динамографа Горячкина. Кроме того, визуально оценивалось влияние плота на криволинейных участках сплавного хода.

Плот № 3 транспортировался методом толкания со скоростью 6,5 км/ч, что намного выше, чем при буксировке. Однако если учесть, что объем плота незначительный и управляемость им на поворотах очень плохая, то, как показали технико-экономические расчеты, более целесообразным является транспортирование плотов плоской сплотки методом буксировки. В связи с этим в дальнейших исследованиях основное внимание уделялось вопросам буксировки. На первом этапе испытаний в период относительно высоких горизонтов воды был пробуксирован плот № 1 на расстояние 12,7 км со средней скоростью 3,4 км/ч. Самосплавом же этот плот прошел далее 27,5 км со средней скоростью 1,2 км/ч. В период межени была проведена букси-

ровка плота № 2. Длина буксирного троса как в первом, так и во втором случаях буксировки была 15 м, что обеспечивало управляемость плотами. Были сопоставлены характеристики двигателей [2] катеров с необходимыми тяговыми усилиями для транспортирования плотов. Суммарные усилия подсчитыва-

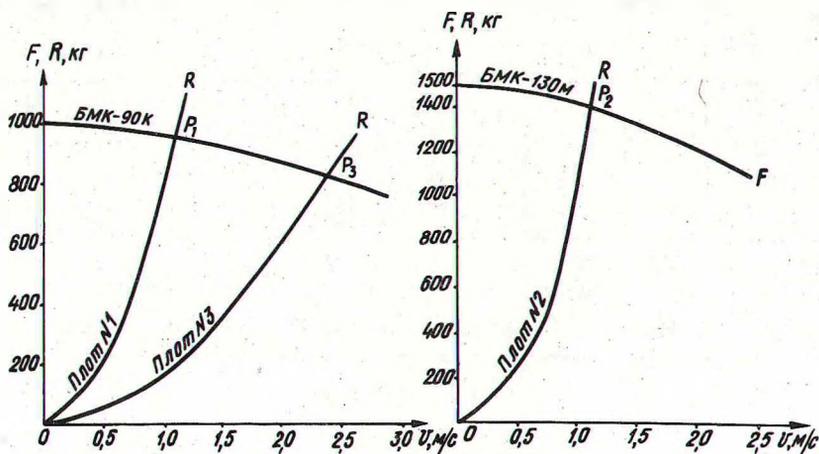


Рис. 3. Кривые силы тяги на гаке катеров БМК-90, БМК-130М и сопротивление движению плотов.

лись по формулам ТУ [3]. При этом суммарное сопротивление воды движению плотов было увеличено на 20% в связи с укороченной длиной буксира. На рис. 3 показаны полученные характеристики. Анализ полученных при буксировке тяговых усилий показал, что катер не смог работать на режиме в точке P_1 . Из рис. 3 видно, что скорость катера при буксировке плота №1 должна была быть 1,12 м/с, однако на самом деле она не превышала 0,4 м/с. Усилие на гаке при этом должно было быть около 1000 кг, фактически такая величина не была достигнута. При буксировке плота № 2 скорость должна была быть (точка P_2) 1,2 м/с и усилие 1400 кг. В действительности же максимальная скорость составила 0,74 м/с, а усилие 1100 кг. При транспортировании методом толкания плота № 3 в точке P_3 скорость должна была быть 2,5 м/с, в действительности она достигала 1,9 м/с. Можно прийти к заключению, что буксиры не были полностью загружены. И хотя длина плотов № 1, № 2, № 3 составляла соответственно 115, 70 и 30 м, рас-

четная скорость не была достигнута. В связи с этим был проведен более детальный анализ полученных характеристик движения плотов. В качестве примера приведено сопоставление потребного усилия на преодоление сил сопротивления воды движению плотов и усилий, записанных динамографом при прохождении плотами № 1 и № 2 опытных участков (табл. 1).

Таблица 1

Плот	Ско- рость бук- си- ров- ки v , м/с	$R_{оп}$, кг	БТИ		ТУ		Ско- рость струи v_c , м/с	Q , м ³ /с	R_c , кг	$R_{доп}$, кг	$R_{сум}$, кг	$R'_{сум}$, кг
			$R_{расч}$, кг	$R_{расч}$, кг	$R_{расч}$, кг	$R_{расч}$, кг						
№1	0,37	633	72,0	115,0	4,87	2,44	162,8	45,7	280,0	322,7		
№1	0,40	713	84,1	134,8	4,87	2,44	162,8	42,1	289,0	339,7		
№2	0,74	840	287,0	344,0	4,91	2,45	164,4	42,8	494,2	551,2		

В табл. 1 гр. 4 помещена расчетная сила сопротивления воды движению плота, подсчитанная по методике БТИ [4], а в гр. 5- по ТУ [3]. При сопоставлении полученных данных с записями динамографа, помещенными в гр. 3, видна весьма значительная разница.

Можно предполагать, что дополнительные усилия обусловлены воздействием струи движителя буксирного катера на плот, а также влиянием ограничения среды. Можно также предположить, что укороченная длина буксирного троса не исчерпывается 20% надбавкой к усилию на сопротивление воды движению плота, а стеснение условий плавания - 30% надбавкой [5].

Нами была подсчитана сила удара струи о плот по формуле

$$R_c = \rho \cdot Q \cdot v_c (1 - \cos \varphi),$$

где ρ - плотность жидкости, $102 \frac{\text{кг с}^2}{\text{м}}$; Q - расход струи, м³/с (табл. 1); v_c - скорость распространения струи, м/с (табл. 1); φ - угол встречи с препятствием (был принят равным 30°).

Данные, полученные по этой формуле, приведены в гр. 8. Было также учтено дополнительное сопротивление трения струи о плот (гр. 9). В гр. 10, 11 приведены суммарные усилия, которые соответственно определялись по формулам:

$$R_{\text{сум}} = R_{\text{расч}}^{\text{БТИ}} + R_c + R_f^{\text{доп}}.$$

$$R'_{\text{сум}} = R_{\text{расч}}^{\text{ТУ}} + R_c + R_f^{\text{доп}}.$$

Сравнивая полученные значения суммарных усилий гр. 11 и 12 с данными гр. 3, можно прийти к заключению, что имеются еще неучтенные силы. К ним относятся силы, обусловленные стеснением потока, а также силы сопротивления, обусловленные формой плота при обтекании его струей. Последние включают волновое сопротивление, весьма существенное вследствие больших скоростей течения жидкости в струе.

Проведенные опыты [6] позволяют сделать выводы, что вписывание не является лимитирующим фактором, так как при длине буксирного троса 15 м управляемость плотом хорошая и полученные скорости буксировки не предел. Небольшими мероприятиями по защите берегов на отдельных участках реки, где имеются малые радиусы закруглений, длина плота может быть даже увеличена до 150 – 170 м.

Наиболее важным условием успешного применения буксировки по первоначальным рекам, типа верховой Березины, является исключение воздействия струи движителя на плот при наиболее приемлемой длине буксирного троса 15 – 20 м. Учитывая малую осадку плота, можно допустить возможность такого исключения путем изменения направления струй от движителя. Кроме того, необходимо изыскание других средств, позволяющих уменьшить силу воздействия струи на плот, в том числе и правильный выбор буксировщика по характеристикам струй его движителя.

Л и т е р а т у р а

1. Инструкция по лесосплавным изысканиям. Л., 1971.
2. Паспорт и указания по эксплуатации катера БМК-90К и катера БМК-130М.
3. Технические указания по проектированию лесосплавных предприятий. Л., 1965.
4. Будыка С.Х., Красник М.Г., Рапинчук С.Ф. О составляющих общего сопротивления воды движению плотов. – "Лесной журнал", 1972, № 3.
5. Донской И.П., Савельев В.В. Водный транспорт леса. М., 1973.
6. Отчет по теме "Разработка единой технологии плотового сплава древесины хвойных и лиственных пород на первоначальных водных путях с последующей буксировкой плотов по магистральным рекам". Минск, 1974.