

С. Х. Будька, М. Г. Красник, С. С. Лебедь,
Е. С. Санкович, Д. М. Гайдукевич

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ПЛОСКИХ СПЛОТОЧНЫХ ЕДИНИЦ

Кафедра водного транспорта леса и гидравлики Белорусского технологического института имени С.М. Кирова взамен молевого сплава предлагает осуществлять сплав древесины в плотках плоской механизированной сплотки [1].

Основной единицей магистрального сплава в настоящее время является пучок. Переход от плоской сплоточной единицы к пучку связан с определенными трудностями. Современные пучковые сплоточные машины не приспособлены для приема плоских сплоточных единиц. На большинстве рейдов производится расформировка плоских сплоточных единиц, сортировка древесины на воде с некоторым ее проплавом (2—3 км) в виде моли и подачи в сплоточные машины.

В рассматриваемой нами технологии плоская сплоточная единица как таковая остается до конца сплава [1]. Это достигается применением единицы магистрального сплава, состоящей из нескольких плоских сплоточных единиц (в зависимости от сплавных глубин).

Формирование магистральной плоской сплоточной единицы с технологической точки зрения можно осуществить тремя основными способами: накладыванием, затоплением и натаскиванием плоских сплоточных единиц первоначального сплава друг на друга. Соответственно и методы механизации сплоточных работ по созданию единиц магистрального сплава будут различными.

Для процесса формирования магистральных единиц по первому способу необходимы краны и приспособленные к ним специальные захваты. По второму и третьему способам необходима разработка специальных машин.

В связи с этим была поставлена задача создания наиболее простой, но достаточно универсальной установки на которой можно было бы исследовать все три указанные выше способа

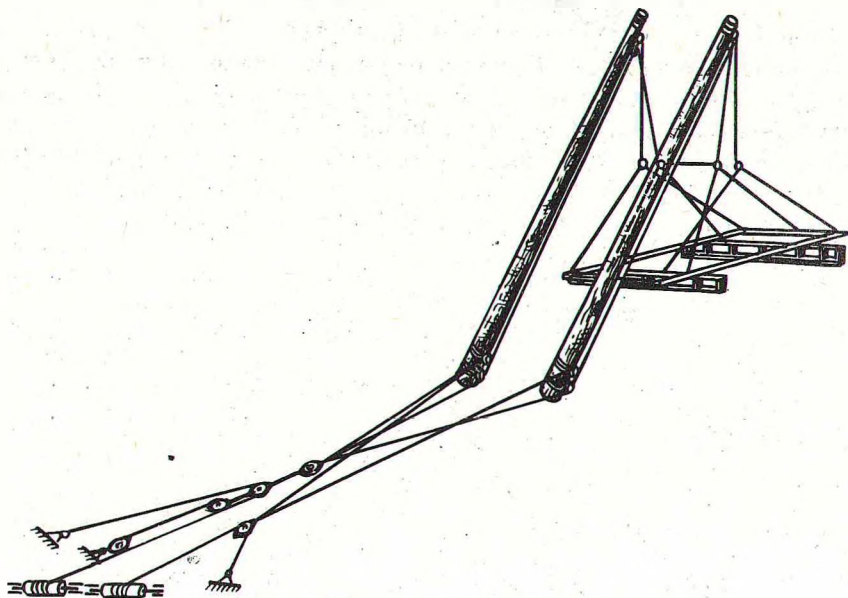


Рис. 1. Схема установки.

формирования магистральных единиц. Принципиальная схема установки дана на рис. 1. Она состоит из двух наклонных стрел, трособлочной системы, лебедки и захватного устройства.

Накладывание производилось при помощи захвата. Этим же захватом производилось и затопление единиц. Натаскивание производилось лебедкой.

При разработке методики исследований было установлено, что высота подъема плоской сплочной единицы первоначального сплава должна достигать 1—1,5 м над поверхностью воды. При этом формирование магистральной единицы методом накладывания производилось по следующей технологии. Захват с разведенными челюстями поднимается на высоту около 1 м над поверхностью воды, под него подводится плоская сплочная единица так, чтобы бревна были перпендикулярны челюстям, захват опускается на единицу и начинается схождение челюстей, которые, дойдя до торцов бревен, упираются в них, и, сжимая и подхватывая их снизу, поднимают единицу вверх на высоту около 1 м. Исследование при этом заключалось в определении силы, необходимой для подъема единицы, установлении величины присоединенной массы воды в единице, в определении времени освобождения единицы от воды. Все эти величины опре-

делялись при нескольких скоростях подъема. Фиксирование усилия, необходимого для подъема единицы, производилось динамометром. Характеристика динамометра следующая: предел измерений 0—10 т; цена делений — 100 кг. Поднятая единица фиксировалась на заданной высоте некоторое время, фиксировалась нагрузка на динамометр. Подъем единиц производился 2—3 раза. Затем полученные данные осреднялись.

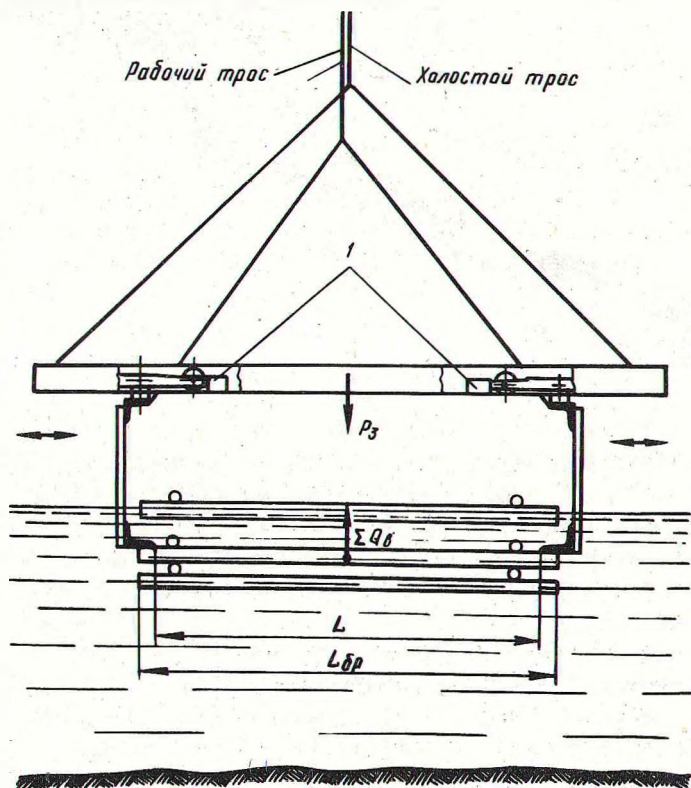


Рис. 2. Схема затопления.

Метод затопления осуществлялся установкой с захватом по следующей технологии (рис. 2): внутренний ход челюстей захвата ограничивается установленной на раме деталью 1 с таким расчетом, чтобы расстояние между челюстями было меньше, чем ширина плоской сплочной единицы, т.е.

$$L < L_{бр} , \quad (1)$$

где $L_{бр}$ — длина бревна.

Разница между ними должна быть порядка 0,4—0,5 м.

Захват опускался на единицу так, чтобы эта разница распределялась почти одинаково по краям (как это показано на рис. 2).

Опуская захват, производили затопление единицы до такой глубины, чтобы следующая плоская сплочная единица могла свободно пройти в окно, образованное рамой захвата. Установив вторую единицу над первой, поднимали захват на такую высоту, чтобы первая плоская сплочная единица упиралась во вторую, разводили захват, а затем вышеописанным способом производили затопление уже полученной двухрядной плоской единицы и т.д. Повторяя последовательно эти операции, получаем необходимое количество рядов плоской единицы. В данном случае формирование возможно до условия, когда

$$P > \sum Q_i, \quad (2)$$

где P — вес захвата; $\sum Q_i$ — суммарная подъемная сила затопленных единиц.

В процессе формирования плоской сплочной единицы магистрального сплава методом затопления фиксировалось, как и в первом случае, время цикла.

Метод натаскивания можно осуществлять с использованием тяговой силы лебедки и специально изготовленного берегового приспособления для упора плоских сплочных единиц.

Технология натаскивания была следующей. Единица 1 подводится к упору 4, единица 2 — к первой, как показано на рис. 3; на первой единице устанавливаются направляющие брусья 3, способствующие затоплению ее хвостовой части и надвиганию на нее второй единицы. Предполагается, что таким методом можно сделать трехрядную плоскую единицу. По этой схеме измерялось усилие, необходимое для натаскивания одной единицы на другую. Динамометр включен в одну ветвь тягового троса полиспаста. Характеристика динамометра следующая: предел измерений — 0—2 т; цена деления — 10 кг. Помимо этого, фиксировалось время, затрачиваемое на натаскивание одной плоской единицы (время цикла). Для проведения исследований было отобрано 9 плоских сплочных единиц длиной 8 м каждая.

Исследованию методов формирования магистральной единицы предшествовало изучение процесса захвата, подъема и затопления отдельных плоских сплочных единиц. При этом преследовались цели выявления необходимых максимальных усилия для

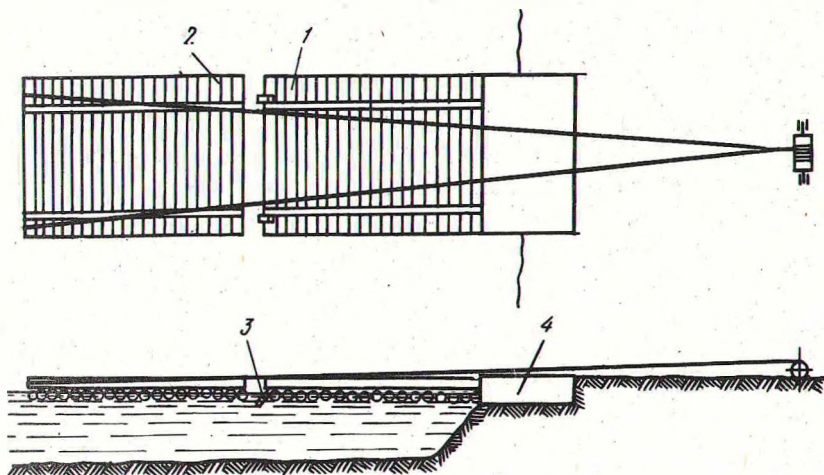


Рис. 3. Схема натаскивания одной сплочной единицы на другую.

выполнения той или иной операции, динамика изменения усилий в процессе выполнения операций, продолжительность отдельных операций (затраты времени).

Эти исследования должны были дать возможность оценить взаимосвязь между основными факторами, характеризующими в целом процесс формирования магистральной единицы тем или иным методом.

Натурные исследования проводились в такой последовательности: подготовка плоской сплочной единицы; подъем захвата на необходимую высоту; подготовка плоской сплочной единицы под захват; опускание захвата на плоскую сплочную единицу и захватывание сплочной единицы; погружение единицы захватом в воду; подъем плоской сплочной единицы в воде; отрыв плоской сплочной единицы от воды; подъем плоской сплочной единицы над уровнем воды.

Операции 5—8 повторялись по 3—4 раза. Полученные осредненные данные приведены в табл. 1.

В натуральных условиях выполнять процесс с изолированными операциями не всегда удавалось, в связи с этим такие опыты были поставлены в лаборатории.

В табл. 2 приведены такие же данные для лабораторных условий, где единица не затапливалась, а отрывалась непосредственно от поверхности воды. При этом изменялась осадка ее и скорость движения.

Таблица 1

Осредненные результаты исследований

№ единицы	Показание динамометра при подъеме единицы в воде, т	Показание динамометра при отрыве единицы от воды, т	Показание динамометра при установке в воздухе, т	Средняя скорость движения, м/с
504	2,9	10,5	9,5	0,084
201	2,6	8,9	7,8	0,083
202	2,95	10,0	9,0	0,0815
92 + 93	2,5	10,0	9,2	0,092

Таблица 2

Данные для лабораторных условий

№ единицы	Осадка единицы, мм	Показание динамометра при отрыве от воды, кг	Показание динамометра при установке в воздухе, кг	Скорость движения, м/с
1	22,0+25,0	5,15+10,0	4,9	0,01285+0,2400
2	26,5+28,0	6,30+10,5	6,0	0,01180+0,2400
3	27,5+29,0	8,00+13,0	7,2	0,00970+0,2400

При испытаниях в лабораторных условиях преследовалась цель: более детально исследовать процесс отрыва плоской сплottedой единицы от воды. Исследования проводились на опытной установке в такой последовательности: подъем захвата на необходимую высоту; подводка плоской сплottedой единицы; опускание захвата для зацепа плоской сплottedой единицы; захват и подъем плоской сплottedой единицы. Подъем осуществляется при разных скоростях.

В результате исследований как натуральных, так и лабораторных нужно было получить усилие, необходимое для отрыва единицы от воды, влияние скорости на величину усилия, влияние осадки на величину усилия, разделить полученное усилие на составляющие: обусловленное весом единицы, весом присоединенных масс воды, инерционными явлениями. Кроме того, требовалось выявить необходимое усилие для затопления единицы, влияние скорости затопления и др. факторов.

Из табл. 2 видно, что необходимое усилие на отрыв значительно больше собственного веса поднимаемого груза и величина дополнительного усилия составляет от 9 до 13%. Полученное дополнительное усилие в момент отрыва единицы от воды может быть обусловлено тремя факторами: присоединенной массой жидкости, силами инерции и прилипанием жидкости. Было весьма важным выявить влияние каждого из этих факторов на увеличение потребного усилия. Однако осуществить это в натуральных условиях оказалось весьма трудным. Произведенные расчеты показали, что влияние сил прилипания, а также присоединенных масс невелико. Основную роль при этом играют инерционные силы. Для уточнения и были поставлены лабораторные опыты, которые позволили производить подъем плоских сплоточных единиц из воды при разных скоростях, а также принимать эту же единицу с сухих поддонов.

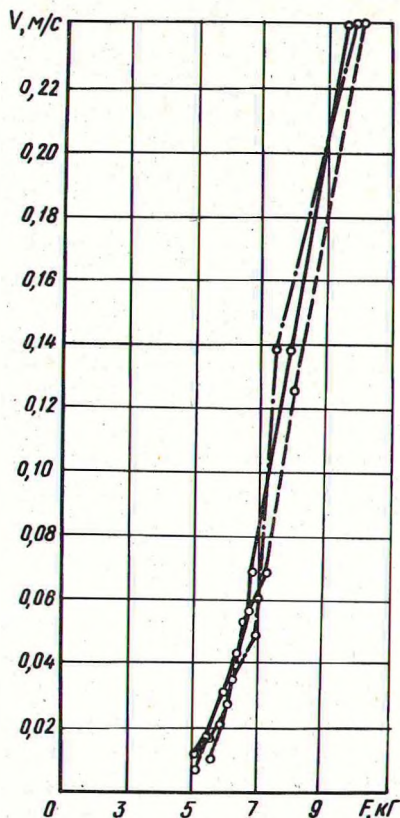
По данным лабораторных опытов соотношение между дополнительной силой и весом поднимаемого груза при подъеме с воды составило 40% и более, что объясняется тем, что в лабораторных условиях отрыв груза производился от неподвижной поверхности, а в натуральных условиях груз двигался в жидкости. Однако необходимо было выявить, за счет чего происходит дополнительное увеличение сопротивления подъему груза. Поэтому эта же сплоточная единица в лаборатории поднималась не с воды, а с сухого поддона. Соотношение между дополнительной силой и весом груза составляло 37%.

Таким образом, можно прийти к выводу, что основную роль в увеличении нагрузки на подъемный механизм при подъеме плоской сплоточной единицы при небольших скоростях имеют инерционные силы. Присоединенные массы воды и прилипание существенного значения не имеют.

Опыты, как видно из рис. 4, были продлены до скоростей, практически применяемых на грузоподъемных механизмах. При этом характер зависимости между сопротивлением подъема и скоростью остался линейным как для малых, так и для практически применяемых скоростей.

Рис. 4. График зависимости

$$F = f(v).$$



Таким образом, присоединенные массы жидкости и силы прилипания при подъеме плоских сплочных единиц существенного значения не будут иметь при применении этого метода и дополнительных нагрузок за счет подъема из воды не будет.

В случае формирования плоских магистральных единиц методом затопления необходимо соблюдать следующее условие:

$$P \gg \sum_{i=1}^{n-1} (\gamma - \gamma_i) W_i, \quad (3)$$

где P — вес затопляющего устройства (захвата); W_i — объем одной плоской сплочной единицы; γ_i — удельный вес древесины плоских сплочных единиц; γ — удельный вес воды; n — количество плоских сплочных единиц первоначального сплава в одной магистральной единице.

В наших исследованиях вес затапливающего устройства равнялся 3,2 т.

Что касается тяговых усилий при формировании магистральной единицы методом натаскивания, то в наших исследованиях они изменялись в широких пределах. Так, при средней скорости перемещения единицы, равной 0,26 м/с, наибольшее усилие (2,4 т) имело место в начальный момент надвигания, а затем оно уменьшилось (до одной тонны) и оставалось примерно постоянным.

Выполненные исследования показали, что при наличии соответствующих механизмов и приспособлений к ним все три вышеуказанных метода формирования магистральных единиц из плоских сплочных единиц первоначального сплава вполне осуществимы.

На основании полученных экспериментальных (опытных) данных проводится технико-экономическое сравнение этих методов.

В основу технико-экономического сравнения предлагаемых методов механизации работ по формированию магистральных единиц положена методика расчета, рекомендуемая Академией Наук, Госпланом и Госстроем СССР. Кроме того, принято осуществлять механизацию каждого из методов установки, в которых используются серийные машины и оборудование.

Метод накладывания. Метод накладывания целесообразно осуществлять с использованием кранов (рис. 5). В этом случае продолжительность рабочего цикла по накладыванию одной плоской сплочной единицы выразится зависимостью

$$t_u = 2(t_1 + t_2) + t_n + t_0 = 2 \left(\frac{h_1 + h_2}{v_n} + \frac{\varphi}{\omega} \right) + t_n + t_0, \quad (4)$$

где t_1 — время на продвижение захвата вверх-вниз для захватывания единицы; t_2 — время на поворот крана; t_u — продолжительность цикла; h_1 — средняя высота подъема груза; h_2 — средняя высота опускания груза; v_n — средняя скорость подъема и опускания груза (крюка); φ — средний угол поворота стрелы; t_0 — время укладки (отцепки) груза; t_n — время захвата груза; ω — угловая скорость поворота стрелы.

Прибавляя неучтенное время, получим $t_u = 80$ с.

Для удобства сопоставления методов принимаем трехрядную магистральную единицу. В этом случае продолжительность цикла формирования магистральной единицы будет: $t_{u.м.} = 3x$; $t_u = 3x \times 80 = 240$ с.

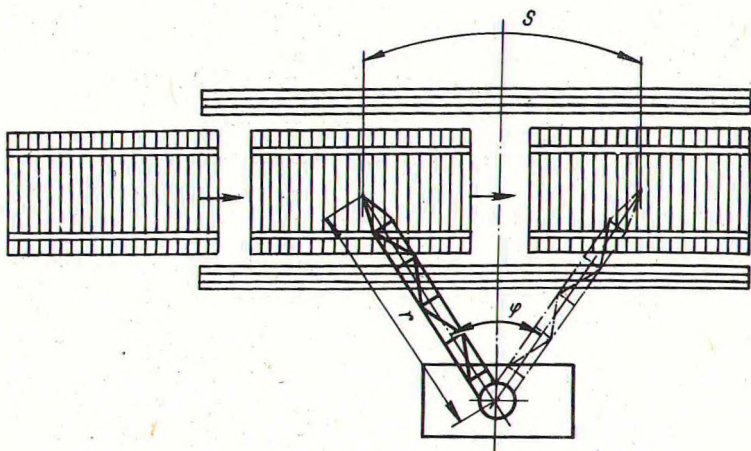


Рис. 5. Схема накладки.

Потребляемая мощность крановой установки определится по формуле

$$N = \frac{(P_e + P_z + P_{\Pi}) \nu_{\Pi}}{102 \eta} \text{ кВт,} \quad (5)$$

где P_e — средний вес одной сплочной единицы ($P_e = 5 \text{ т}$); P_z — вес захвата канатного ($P_z = 2,5 \text{ т}$); P_{Π} — сила, учитывающая присоединенные массы и инерционные силы, которая по полученным нами данным равна

$$P_{\Pi} = (0,35 + 0,40) (P_e + P_z).$$

η — общий к.п.д. ($\eta = 0,85$).

При этом необходимо соблюдать условие

$$P_e + P_z + P_{\Pi} \leq P, \quad (6)$$

где P — грузоподъемность крана (имеется ввиду поворотный кран грузоподъемностью 10 т).

Следовательно,

$$N = \frac{10000 \times 0,3}{102 \times 0,85} = 34 \text{ кВт.}$$

Работа, затрачиваемая краном на формирование одной магистральной единицы, будет

$$A = N t_{\text{ч.м}} = 34 \times \frac{4}{60} = 2,3 \text{ квт.ч.} \quad (7)$$

Сменная производительность определится по формуле

$$П_{\text{см}} = Q \frac{T_{\text{см}} k}{t_{\text{ч.м}}}, \quad (8)$$

где Q — средний объем магистральной единицы,

$$Q = Q_L n; \quad (9)$$

Q_L — средний объем плоской сплочной единицы ($Q_L = 7 \text{ м}^3$);
 n — количество плоских сплочных единиц в одной магистральной единице ($n = 3$); $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены (мин); k — коэффициент использования рабочего времени ($k = 0,8$);
 $П_{\text{см}} = 21 \times \frac{420 \times 0,8}{4} = 1760 \text{ м}^3/\text{см.}$

Работа крана за смену

$$A_{\text{см}} = A \frac{П_{\text{см}}}{Q} = 2,3 \times \frac{1760}{21} = 193 \text{ квт.ч.} \quad (10)$$

Принимаем $A_{\text{см}} = 200 \text{ квт.ч.}$

Расходы по заработной плате рабочим (один машинист и пять вспомогательных рабочих) на одну машиносмену составляют 30,03 руб. Соответственно расходы по всем механизмам и оборудованию за одну машиносмену (для крана КППК 10-30-10,5 составят 70,30 руб. Всего расходов на одну машиносмену $\Sigma \text{З} = 100,33 \text{ руб.}$

Удельная себестоимость $C_{\text{уд}}$ на формирование магистральных единиц методом накладывания составляет

$$C_{\text{уд}} = \frac{\Sigma \text{З}}{П_{\text{см}}} = \frac{100,33}{1760} = 0,057 \text{ руб.} \quad (11)$$

Метод натаскивания. Для осуществления метода натаскивания представляется перспективным применение установки с использованием применяемых в лесной промышленности лебедок. Нами же этот метод исследовался на вышеописанной уста-

новке. В связи с этим технология и затраты времени по операциям цикла приняты в соответствии с полученными данными при исследовании этого метода на опытной установке.

Технологический процесс этого метода включает следующие операции: подводка единицы к упорному устройству, подводка второй единицы к первой, застропка (зацепка) второй единицы и установка направляющих, натаскивание второй единицы на первую, отцепка (снятие направляющих), подводка третьей единицы, ее застропка и установка направляющих, натаскивание третьей единицы на две первые, отцепка троса и вывод магистральной единицы, далее операции повторяются.

Усилие, необходимое для натаскивания одной единицы, определяется по формуле

$$F = f P_{ед} , \quad (12)$$

где f — коэффициент сопротивления при натаскивании. По результатам исследований $f = 0,5$.

Примем для расчета $P_{ед} = 5 \text{ т}$.

$$F = 0,5 \times 5 = 2,5 \text{ т} = 2500 \text{ кгс}.$$

Продолжительность рабочего цикла

$$t_{ц} = t_2 + t_x + t_n + t_o = \frac{l_2}{v_2} + \frac{l_x}{v_x} + t_n + t_o , \quad (13)$$

где t_2 — время натаскивания; t_x — время возврата троса; l_2 — среднее расстояние перемещения сплочной единицы ($l_2 = 9 \text{ м}$ по результатам натуральных опытов); v_2 — средняя скорость натаскивания (по результатам опыта $v_2 = 0,26 \text{ м/с}$); v_x — средняя скорость холостого хода троса ($v_x = 0,6 \text{ м/с}$); t_n — время захвата груза ($t_n = 40 \text{ с}$); t_o — время оцепки ($t_o = 40 \text{ с}$).

$$t_{ц} = \frac{9}{0,26} + \frac{9}{0,6} + 40 + 40 = 131 \text{ с}.$$

Продолжительность цикла формирования магистральной единицы будет

$$t_{ц,м} = 3 \times t_{ц} = 131 \times 3 = 393 \text{ с}.$$

Принимаем $t_{ц,м} = 7 \text{ мин}$.

Потребляемая мощность определяется по формуле

$$N = \frac{F v_2}{102 \eta} = \frac{2500 \times 0,26}{102 \times 0,85} = 7,5 \text{ квт.} \quad (14)$$

Работа, затрачиваемая на формирование одной магистральной единицы:

$$A = N t_{\text{с.м}} = 7,5 \times \frac{7}{60} = 0,88 \text{ квт.ч.}$$

Сменная производительность

$$П_{\text{см}} = Q \frac{T_{\text{см}} k}{t_{\text{с.м}}} = 21 \times \frac{420 \times 0,8}{7} = 1000 \text{ м}^3/\text{см.}$$

Работу установки за смену

$$A_{\text{см}} = A \frac{П_{\text{см}}}{Q} = 0,88 \times \frac{1000}{21} = 41,7 \text{ квт.ч.}$$

Расходы по заработной плате, включая одного оператора и трех вспомогательных рабочих, составляют 12,71 руб., а расходы по механизмам и оборудованию соответственно 17,64 руб.

Всего расходов на одну машиносмену $\Sigma \mathcal{Z} = 49,44$ руб.

Удельная себестоимость на формирование магистральных единиц методом натаскивания составляет

$$C_{\text{уд}} = \frac{\Sigma \mathcal{Z}}{П_{\text{см}}} = \frac{49,44}{1000} = 0,05 \text{ руб/м}^3.$$

Метод затопления. При оценке затрат при формировании магистральных сплочных единиц по методу затопления использовались данные опытной установки.

Технологический процесс этого метода включает следующие операции: подводка единицы, ее затопление, подводка следующей единицы, освобождение первой единицы от затопителя, затопление двух единиц вместе (первой и второй), подводка третьей единицы и т.д.

Необходимое для затопления усилие определится по формуле

$$F = (n - 1) Q_{\text{ед}} (\gamma_0 - \gamma_{\partial}), \quad (15)$$

где $Q_{ед}$ — объем древесины в плоской сплottedной единице; F — усилие затопления; n — количество плоских сплottedных единиц в одной магистральной единице; γ_B, γ_D — соответственно удельные веса воды и древесины.

$$F = (3-1) \times 7 \times (1 - 0,8) = 2,8 \text{ т.}$$

Продолжительность рабочего цикла

$$t_u = \frac{2h_n}{v_n} + \frac{S}{v}, \quad (16)$$

где h_n — путь затопителя, $h_n = h + T + 0,1$; v_n — скорость затопления, равная $0,1 \text{ м/с}$; h — путь затопителя под водой, равный $0,6 \text{ м}$; T — осадка одной плоской сплottedной единицы, равная $0,5 \text{ м}$; $0,1$ — запас по глубине для прохождения плоской сплottedной единицы; S — расстояние подачи сплottedных единиц, равное 12 м ; v — скорость подачи сплottedных единиц, принятая $0,2 \text{ м/с}$.

$$t_u = \frac{2(0,6 + 0,5 + 0,1)}{0,1} + \frac{12}{0,2} = 84 \text{ с.}$$

Учитывая время на совмещение операции, принимаем $t_u = 90 \text{ с.}$

Продолжительность цикла формирования магистральной единицы будет $t_{u,m} = 3 \times t_u = 3 \times 90 = 270 \text{ с.}$

Принимаем $t_{u,m} = 300 \text{ с.}$

Потребляемая мощность определится по формуле

$$N = \frac{F v_n}{102 \eta} = \frac{2800 \times 0,1}{102 \times 0,85} = 3,24 \text{ квт.}$$

Работа, затрачиваемая на формирование одной магистральной единицы, будет

$$A = N t_{u,m} = \frac{3,24 \times 5}{60} = 0,27 \text{ квт.}$$

Сменная производительность определится по формуле

$$P_{см} = Q \frac{T_{см} k}{t_{u,m}} = 21 \times \frac{420 \times 0,8}{5} = 1410 \text{ м}^3 / \text{см.}$$

Работа крана за смену

$$A_{\text{см}} = A \frac{P_{\text{см}}}{Q} = 0,27 \times \frac{1410}{21} = 18,1 \text{ квт.ч.}$$

Расходы по заработной плате рабочим (оператор и три вспомогательных рабочих) на одну машиносмену составляют 20,64 руб. Соответственно расходы по всем механизмам и оборудованию за одну машиносмену составляют 28,30 руб.

Всего расходов на 1 машиносмену $\Sigma Z = 48,94$ руб.

Удельная себестоимость на формирование магистральных единиц методом затопления составляет

$$C_{\text{уд}} = \frac{\Sigma Z}{P_{\text{см}}} = \frac{48,94}{1410} = 0,035 \text{ руб/м}^3.$$

Проведенные исследования методов механизации формирования магистральных плоских единиц показали, что все три метода могут быть технически осуществлены, если принять в качестве исходной однорядную плоскую сплочную единицу длиной не более 8 м.

Полученные технико-экономические показатели для рассмотренных способов также сравнимы (табл. 3).

Таблица 3
Технико-экономические показатели

Наименование показателей	Ед. изм.	Наклады-вание	Затопле-ние	Натаскива-ние
Время цикла при создании трехрядной магистральной единицы	мин	4	5	7
Потребляемая мощность	квт	34	3,24	7,5
Сменная производительность	м ³ /с	1760	1410	1000
Удельная себестоимость сплотки м ³	руб.	0,057	0,035	0,05

Однако в практике применяются сплоточные единицы длиной до 20—25 м. Для таких сплоточных единиц рассмотренные методы механизации формирования магистральных единиц не равноценны. При использовании метода натаскивания длина плоской сплоточной единицы существенного значения не имеет, поэтому этот метод можно рекомендовать во всех тех случаях, когда магистральная сплоточная единица состоит не более чем из трех рядов. С увеличением длины единицы существенно возрастает вес захвата, при этом соотношение между весом захвата и весом поднимаемого груза увеличивается.

С увеличением длины плоской сплоточной единицы увеличивается и усилие, необходимое для ее затопления. Резко возрастает вес конструктивного затапливающего элемента. В связи с этим при применении метода накладывания и затопления необходимо ограничение длины однорядной плоской сплоточной единицы. Поэтому весьма желательным следует считать продолжение исследований по определению наиболее оптимальной длины плоской сплоточной единицы, так как выбор метода механизации формирования магистральной единицы существенно зависит от этого размера.

Принять одну стандартную длину плоской сплоточной единицы для всех рек первоначального сплава вряд ли окажется возможным. Наиболее целесообразно из условий сплава принять максимально возможную длину плоской сплоточной единицы по условиям ее вписывания.

Таким образом, одну стандартную длину плоской сплоточной единицы для всех рек невозможно обосновать. Оптимальные размеры плоской сплоточной единицы должны быть приняты по группам рек, что позволит обосновать область применения предлагаемых нами трех методов механизации формирования магистральных плоских сплоточных единиц.

Л и т е р а т у р а

1. Совершенствование первоначального сплава леса плоской сплотки, БТИ им. С.М. Кирова. Мн., 1970.
2. Обоснование и выбор методов механизации сплоточных работ по созданию единиц магистрального сплава их плоских сплоточных единиц, БТИ им. С.М. Кирова. Мн., 1972.