

DOI: 10.15393/j2.art.2021.5603

УДК 630*378.33

Статья

Обоснование параметров транспортно-технологической схемы поставки древесины в плоских сплотовных единицах по принципу плот (линейка) — плот

Васильев Владимир Викторович

кандидат технических наук, АО «УК ЭФКО» (Российская Федерация),

vasiliev.vladimir87@mail.ru

Получена: 17 января 2021 / Принята: 15 июня 2021 / Опубликовано: 18 июня 2021

Аннотация: Возобновление сплава древесины по малым и средним рекам, где ранее проводился молевой сплав, включает не только совершенствование плоских сплотовных единиц и плотов, обладающих малой осадкой, но и разработку технологических процессов выполнения комплекса работ с использованием усовершенствованных сплотовных единиц и плотов на их основе. Разработанная транспортно-технологическая схема поставки древесины по принципу плот (линейка) — плот, выполняет своё функционирование на базе плоских сплотовных единиц. Проведённые теоретические исследования предложенной транспортно-технологической схемы дали возможность получить оригинальную методику расчёта параметров всех основных объектов (береговой склад, формировочный и переформировочный рейд, рейд приплава), входящих в её состав. Особое внимание, при обосновании потребной площади берегового склада, уделялось расчёту площади производственной площадки и плотбища, где учитывается, что изготовление плоских сплотовных единиц производится в сплотовных машинах, которые обслуживают челюстные погрузчики, а транспортировка плоских сплотовных единиц выполняется специальными транспортными машинами. При расчёте потребной площади акватории водного объекта для формировочного и переформировочного рейдов акцент ставится на применение конструкций плотов, исключаяющих при своём формировании разворот сплотовных единиц и линейек. В свою очередь, расчёт потребной площади рейда приплава сведён к обязательному учёту того, что плоские сплотовные единицы выгружаются из воды на берег посредством башенных кранов, а их разборка осуществляется в расформированных машинах, где загрузку сплотовных единиц выполняют транспортные машины, а выгрузку лесоматериалов из расформировочной машины осуществляют челюстные погрузчики. Практическое применение разработанной транспортно-

технологической схемы и методики определения параметров основных объектов, входящих в её состав, повлечёт за собой возобновление сплава древесины по малым и средним рекам, с обеспечением оптимальной потребности машин и механизмов, предназначенных для выполнения различных задач при сплаве древесины в плоских сплоточных единицах и плотах на их основе.

Ключевые слова: транспортно-технологическая схема; береговой склад; рейд; плот; плоская сплоточная единица

DOI: 10.15393/j2.art.2021.5603

Article

Justification of the parameters of the transport and technological scheme of wood supply in flat raft units according to the raft section lines — raft principle

Vladimir Vasiliev

Ph. D. in engineering, JSC «UK EFKO» (Russian Federation), vasiliev.vladimir87@mail.ru

Received: 17 January 2021 / Accepted: 15 June 2021 / Published: 18 June 2021

Abstract: Resumption of timber rafting on small and medium rivers, where log drifting had been previously performed, includes not only the improvement of flat raft units and rafts with a low draft, but also the development of technological processes for performing a complex of works using improved raft units and rafts based on them. The developed transportation and technological scheme for the supply of wood on the principle of raft section lines — raft performs on the basis of flat raft units. The theoretical studies of the proposed transportation and technological scheme made it possible to develop an original method for calculating the parameters of all the main objects (a river lower landing, bundling and re-bundling grounds, a log receiving port). To justify the required area of the river lower landing special attention was paid to calculation of the area of the production site and ground. We took into account the fact that flat raft units are formed with bundling machines and grapple loaders, and the transportation of flat raft units is carried out by special transport machines. When calculating the required water area for bundling and re-bundling grounds the emphasis is placed on the use of raft designs that exclude the reversal of raft units and lines during their formation. To calculate the required area of the log receiving port the author also took into account the fact that the flat raft units are unloaded out of the water with tower cranes and disassembled with separating machines while raft units are loaded with transportation machines, and grapple loaders unload the logs from the separating machines. The practical application of the developed transportation and technological scheme and methods for determining the parameters of its main objects will entail the resumption of wood rafting on small and medium rivers. Thus the optimal requirement rate in machines and mechanisms designed to perform various tasks when rafting wood in flat raft units and rafts based on them will be ensured.

Keywords: transport and technological scheme; river lower landing; raid; raft; flat raft unit

1. Введение

Реализация транспортных работ по доставке древесины от мест заготовки до пункта потребления по естественным водным путям осуществляется по транспортно-технологическим схемам [1—4]. Данные транспортно-технологические схемы были разработаны на базе основных видов водного транспорта древесины, известных не только в СССР и России [1—5], но и США [5—12]. К основным видам водного транспорта древесины следует отнести [1—12] транспорт молевого сплава древесины, сплава древесины в сплочных единицах, кошельный и плотовой сплав древесины, перевозку древесины на судах.

В настоящее время на территории Российской Федерации ряд транспортно-технологических схем не могут быть реализованы [3], [13—14] из-за принятия Водного кодекса и определённых нормативно-правовых документов. Это повлекло за собой полное прекращение молевого сплава древесины и частичную приостановку сплава древесины в сплочных единицах без тяги буксировщика, т. е. самосплавом. В свою очередь, отмена молевого сплава древесины вывела из эксплуатации большое количество малых и средних рек, к которым примыкают лесные насаждения, достигшие возраста рубки.

Для возобновления сплава древесины по малым и средним рекам, взамен молевого сплава, и увеличения объёма заготовки технически спелой древесины в труднодоступных местах было предложено [14—17] использовать усовершенствованные плоские сплочные единицы, которые обладают минимальной осадкой при содержании в себе большого объёма древесины. Практическое использование данных плоских сплочных единиц требует не только верного расчёта их транспортно-эксплуатационных показателей для определённых условий плавания, но и разработку новых транспортно-технологических схем поставки древесины, функционирующих на базе данных сплочных единиц. Разработанные транспортно-технологические схемы должны учитывать все особенности изготовления и эксплуатации усовершенствованных плоских сплочных единиц. При этом каждая разработанная транспортно-технологическая схема будет требовать обоснования параметров всех основных объектов, входящих в их состав.

Если рассматривать все возможные варианты создания транспортно-технологических схем, функционирующих на базе усовершенствованных плоских сплочных единиц, то наиболее перспективной будет считаться схема, включающая первоначальный сплав древесины в плотках (линейках) и магистральный сплав древесины в плотках, сформированных из плотов (линеек), которые применялись на первоначально плотовом сплаве. На основе сказанного определена основная цель работы.

Цель работы — разработать транспортно-технологическую схему поставки древесины в плоских сплочных единицах по принципу плот (линейка) — плот и методику расчёта параметров объектов, входящих в её состав.

2. Материалы и методы

Для возобновления сплава древесины по малым и средним рекам с использованием усовершенствованных плоских сплочных единиц была разработана транспортно-технологическая схема поставки древесины в плоских сплочных единицах, которая функционирует по принципу плот (линейка) — плот. Разработанная транспортно-технологическая схема представлена на рисунке 1. В дальнейшем она будет являться объектом исследования.

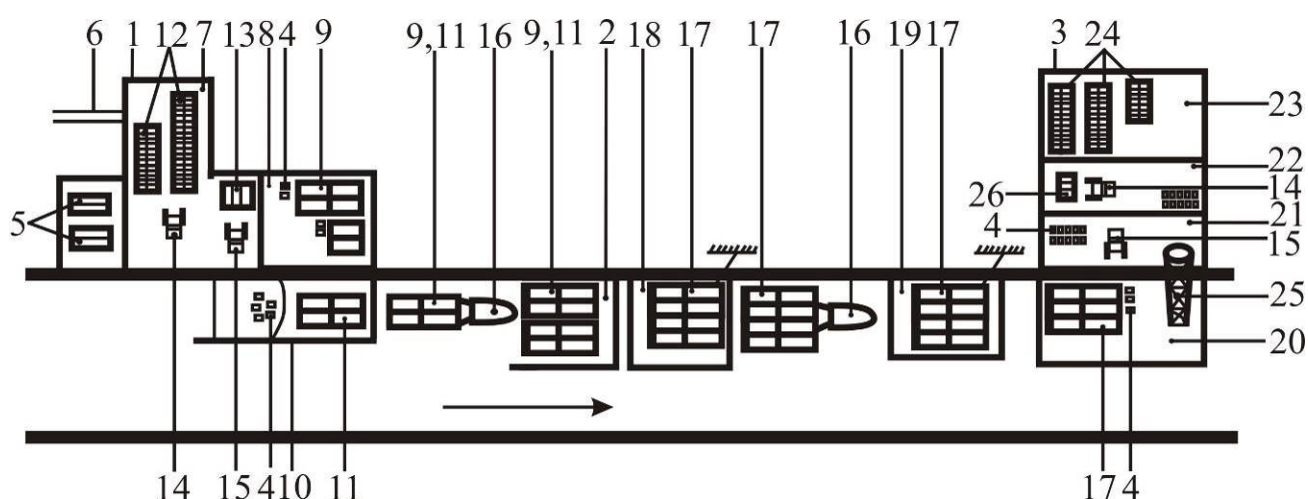


Рисунок 1. Транспортно-технологическая схема поставки древесины в плоских сплочных единицах: 1 — береговой склад; 2 — переформировочный рейд; 3 — рейд приплыва; 4 — плоская сплочная единица; 5 — производственные здания; 6 — подъездные пути; 7 — производственная площадка; 8 — плотбище; 9 — плот (линейка) зимнего формирования; 10 — формировочный рейд; 11 — плот (линейка) навигационного формирования; 12 — штабель круглых лесоматериалов; 13 — сплочная машина; 14 — челюстной погрузчик; 15 — транспортная машина сплочных единиц; 16 — буксирное судно; 17 — крупногабаритный плот; 18 — пункт (отстойник) для кратковременной или длительной передержки плотов; 19 — плотостоянка; 20 — расформировочный участок; 21 — площадка для выгрузки с воды на берег и хранения плоских сплочных единиц; 22 — площадка для расформирования плоских сплочных единиц; 23 — площадка для хранения круглых лесоматериалов; 24 — штабель круглых лесоматериалов; 25 — башенный кран; 26 — расформировочная машина

Figure 1. Transportation and technological scheme of wood supply in flat raft units: 1 – river lower landing; 2 – re-bundling grounds, 3 - a log receiving port; 4 – flat raft unit; 5 –

production buildings; 6 – access roads; 7 – production site; 8 – rafting ground; 9 – raft (line) of winter formation; 10 – bundling ground; 11 – raft (line) of navigation bundling; 12 – stack of round timber; 13 – bundling machine; 14 – grapple loader; 15 – transportation vehicle of raft units; 16 – towing vessel; 17 – a large – sized raft; 18 – collection pool for short – term or long – term overexposure of rafts; 19 – a raft shelter; 20 – a disbanding site; 21 – a platform for unloading from water to shore and storing flat raft units; 22 – a platform for disbanding flat raft units; 23 – a platform for round timber storage; 24 – a stack of round timber; 25 – a tower crane; 26 – a disbanding machine

Все дальнейшие работы, проводимые по обоснованию методики расчёта параметров всех основных объектов, входящих в состав разработанной транспортно-технологической схемы, основывались на методе торического исследования. В результате этого были получены следующие результаты.

3. Результаты

Транспортно-технологическая схема, представленная на рисунке 1, разделяется на четыре составные части, которые являются основными объектами, входящими в её состав. К данным основным объектам относятся береговой склад, формировочный рейд и переформировочный рейд, рейд приплава.

3.1. Обоснование параметров берегового склада

Выбор места расположения берегового склада, а соответственно, и вся работа по его проектированию осуществляется по нормативам и методикам, которые представлены в следующих источниках [18—19]. При проектировании берегового склада одной из ключевых задач является обоснование его параметров, где основным показателем является его площадь, которая будет определять круглогодичное функционирование склада, без простоев и задержек.

Площадь берегового склада, приведённого на усовершенствованной транспортно-технологической схеме, определяется по формуле

$$S_{BC} = S_{АП} + S_{ПП} + S_{ПЛ}, \quad (1)$$

где $S_{АП}$ — площадь площадки под административные и производственные здания, m^2 ; $S_{ПП}$ — площадь производственной площадки, m^2 ; $S_{ПЛ}$ — площадь плотбища, m^2 .

На береговых складах административные и производственные здания могут быть следующего типа: вагоны-дома, контейнерного вида, пневматические строительные конструкции [20—25]. Таким образом, обуславливаемся, что применяемые административные и производственные здания имеют прямоугольную форму, а расчётная схема определения площади площадки под административные и производственные здания представлена на рисунке 2, откуда необходимая площадь $S_{АП}$ составит:

$$S_{АП} = \sum_{i=1}^n L_{iC} B_{iC} + (n_{ПБ} - 1) b_{3Б} L_{iC_{max}} + 2b_{3Б} L_{iC_{max}} +$$

$$+ b_{3C} \left[2b_{3Б} + (n_{ПБ} - 1) b_{3Б} + \sum_{i=1}^n B_{iC} \right] + b_{3П} \left[2b_{3Б} + (n_{ПБ} - 1) b_{3Б} + \sum_{i=1}^n B_{iC} \right], \quad (2)$$

где L_{iC} — длина i -го производственного или бытового здания, м; B_{iC} — ширина i -го производственного или бытового здания, м; $n_{ПБ}$ — количество производственных и бытовых зданий, шт.; $b_{3Б}$ — минимальное допустимое расстояние между соседними зданиями, м; $L_{iC_{max}}$ — максимальная длина производственного или бытового здания, м; $b_{3Б}$ — минимальное допустимое расстояние от края боковой стороны здания до края леса или минерализованной полосы, м; b_{3C} — минимальное допустимое расстояние от края задней стороны здания до края стены леса или минерализованной полосы, м; $b_{3П}$ — минимальное допустимое расстояние от края передней стороны здания до края стены леса или минерализованной полосы, м.

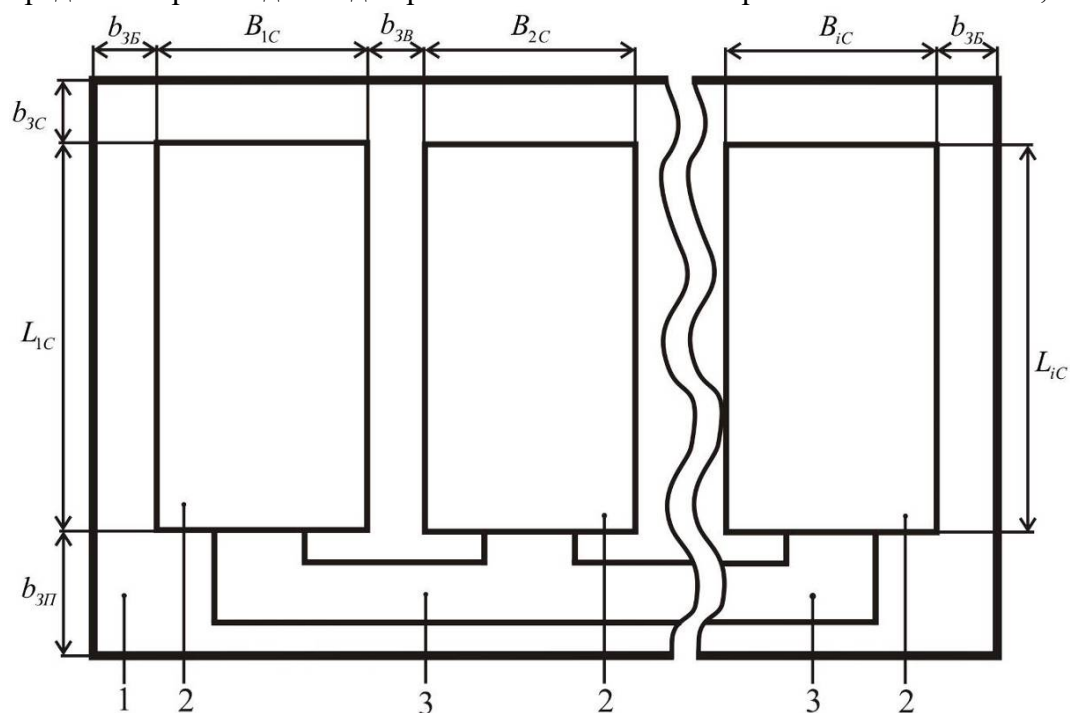


Рисунок 2. Схема расчёта площади площадки под административные и производственные здания: 1 — площадка под административные и производственные здания; 2 — административные и производственные здания; 3 — подъездные пути

Figure 2. Scheme for calculating the area of the site for administrative and industrial buildings: 1 — the site for administrative and industrial buildings; 2 — administrative and industrial buildings; 3 — access roads

Площадь производственной площадки будет складываться из площади, необходимой для штабелёвки и хранения круглых лесоматериалов $S_{ШХКЛ}$, площади $S_{ЧЛ}$ для работы челюстных погрузчиков в зоне штабелёвки круглых лесоматериалов, а также площади $S_{СМ}$ для работы сплотовочных машин совместно с машинами для транспортировки плоских сплотовочных единиц, т. е. площадь $S_{ПП}$ будет определяться по зависимости

$$S_{ПП} = S_{ШХКЛ} + S_{ЧЛ} + S_{СМ}. \quad (3)$$

Так как предполагается, что береговой склад работает круглогодично, то расчёт площади $S_{ШХКЛ}$, на основании схемы, изображённой на рисунке 3, можно выполнить по упрощённой зависимости

$$S_{ШХКЛ} = (L_{ШТ} + 2a_{ПРС}) \times \\ \times [2a_{ПРС} + a_{ПРР} (n_{ГШТБ} - 1) + n_{ГШТБ} (B_{ШТ} n_{ШТ} + a_{ШТ} (n_{ШТ} - 1))], \quad (4)$$

где $L_{ШТ}$ — длина штабеля, м; $a_{ПРС}$ — ширина противопожарного разрыва по периметру площадки, м; $n_{ГШТБ}$ — количество групп штабелей круглых лесоматериалов, шт.; $B_{ШТ}$ — ширина штабеля, равного длине круглых лесоматериалов, м; $n_{ШТ}$ — количество штабелей, шт.; $a_{ШТ}$ — расстояния между соседними штабелями, м; $a_{ПРР}$ — ширина продольного разрыва, м.

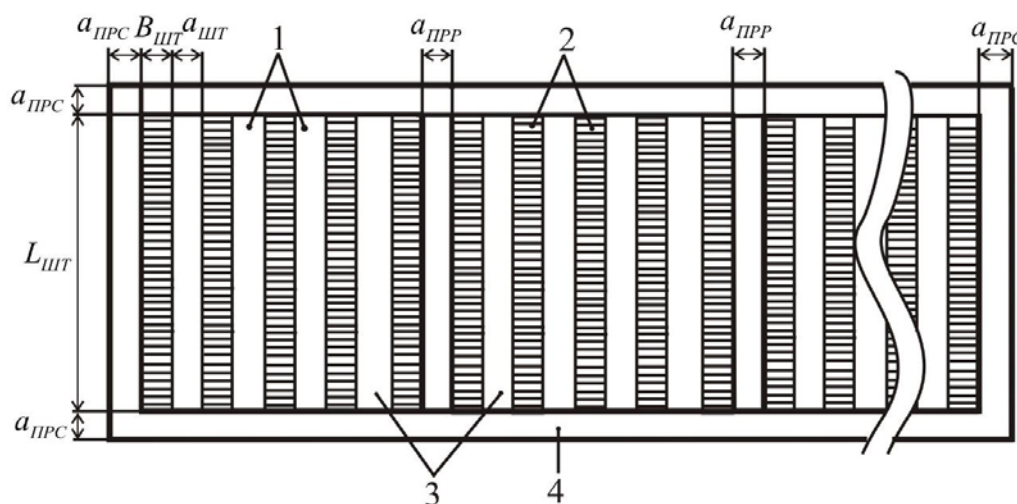


Рисунок 3. Схема расчёта площади, необходимой для штабелёвки и хранения круглых лесоматериалов: 1 — участки между соседними штабелями; 2 — штабеля круглых лесоматериалов; 3 — группа штабелей круглых лесоматериалов; 4 — противопожарный разрыв

Figure 3. Scheme for calculating the area required for stacking and storing round timber: 1 — areas between adjacent stacks; 2 — stacks of round timber; 3 — group of stacks of round timber; 4 — fire gap

Количество штабелей $n_{шт}$ определяется из выражения

$$n_{шт} = \frac{W_{ГС}(T_p + T_{ПР})}{T_{РД}L_{шт}H_{шт}B_{шт}K_{ПШТ}}, \quad (5)$$

где $W_{ГС}$ — годовой объём оборота лесоматериалов на береговом складе, м³; T_p — максимальное количество дней весенней или осенней распутицы, шт.; $T_{ПР}$ — максимальное количество дней вынужденного простоя сплотовных машин, челюстных погрузчиков или машин для транспортировки плоских сплотовных единиц, шт.; $T_{РД}$ — количество рабочих дней в году, шт.; $H_{шт}$ — высота штабеля, м; $K_{ПШТ}$ — коэффициент полндревесности штабеля.

Необходимо отметить, что в формуле (4) количество групп штабелей круглых лесоматериалов $n_{ГШТБ}$ устанавливается в зависимости от расчётного количества штабелей $n_{шт}$, определяемых из выражения (5) и максимальной допустимой ширины одной группы штабелей круглых лесоматериалов, которая регламентируется в соответствии с противопожарными нормами.

Площадь $S_{чл}$ для работы челюстных погрузчиков в зоне штабелёвки круглых лесоматериалов с последующей загрузкой их в сплотовную машину рекомендуется определять следующим образом (см. рисунок 4):

$$S_{чл} = [2a_{ПРС} + a_{ПРР}(n_{ГШТБ} - 1) + n_{ГШТБ}(B_{шт}n_{шт} + a_{шт}(n_{шт} - 1))] \times \\ \times (a_{РШ\min} + L_{чл} + B_{чл} + R_{ВРЧ} + a_{ЗРЧ}), \quad (6)$$

где $a_{РШ\min}$ — минимальное расстояние от противопожарного разрыва до начала поворота челюстного погрузчика, м; $L_{чл}$ — длина челюстного погрузчика, м; $B_{чл}$ — ширина челюстного погрузчика, м; $R_{ВРЧ}$ — внутренний габаритный радиус разворота челюстного погрузчика, м; $a_{ЗРЧ}$ — зоны безопасности разворота челюстного погрузчика, м.

Число челюстных погрузчиков, задействованных на береговых складах, устанавливается от их производительности в конкретных производственных условиях, а также зависит от производительности сплотовных машин, которые челюстные погрузчики обслуживают.

При функционировании берегового склада в зависимости от производительности сплотовных машин их количество может быть разное, тогда с учётом рисунка 5 площадь $S_{СМ}$ для работы сплотовных машин совместно с машинами для транспортировки плоских сплотовных единиц определяется по зависимости

$$S_{СМ} = (2a_{ПРСМ} + a_{ПСМ} + L_{СМ} + a_{РСМ} + L_{ТМ} + R_{ВРТ} + B_{ТМ} + a_{ЗРТ}) \times \\ \times [2a_{ПРСМ} + n_{СМ}(2L_{ТМ} + B_{СМ}) + a_{СМ}(n_{СМ} - 1)], \quad (7)$$

где $a_{ПРСМ}$ — ширина противопожарного разрыва по периметру участка, на котором установлены сплоточные машины, м; $a_{ПСМ}$ — минимальное допустимое расстояние от противопожарного разрыва до сплоточной машины, м; $L_{СМ}$ — длина сплоточной машины, м; $a_{РСМ}$ — минимально допустимое расстояние от сплоточной машины до начала поворота транспортной машины плоских сплоточных единиц, м; $L_{ТМ}$ — длина транспортной машины плоских сплоточных единиц, м; $R_{ВРТ}$ — внутренний габаритный радиус разворота транспортной машины плоских сплоточных единиц, м; $B_{ТМ}$ — ширина транспортной машины плоских сплоточных единиц, м; $a_{ЗРТ}$ — расстояние зоны безопасности разворота транспортной машины плоских сплоточных единиц, м; $n_{СМ}$ — количество сплоточных машин, шт.; $B_{СМ}$ — ширина сплоточной машины, м; $a_{СМ}$ — расстояние между площадками работы сплоточных машин, м.

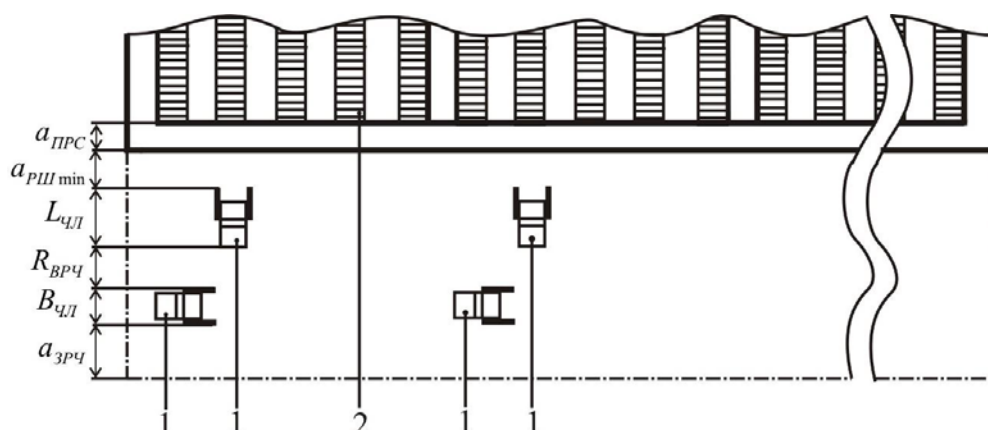


Рисунок 4. Схема расчёта площади для работы челюстных погрузчиков в зоне штабелёвки круглых лесоматериалов: 1 — челюстной погрузчик; 2 — штабеля круглых лесоматериалов

Figure 4. Scheme for calculating the area for the operation of grapple loaders in the area of round timber piling: 1 – grapple loader; 2 – round timber stacks

В формуле (7) количество требуемых сплоточных машин на береговом складе соответствует выражению

$$n_{СМ} = \frac{W_C}{P_{СМ} K_{ГСМ}}, \quad (8)$$

где W_C — объём сплотки круглых лесоматериалов в смену, м³/ч.; $P_{СМ}$ — сменная производительность сплоточной машины, м³/ч.; $K_{ГСМ}$ — коэффициент готовности сплоточной машины.

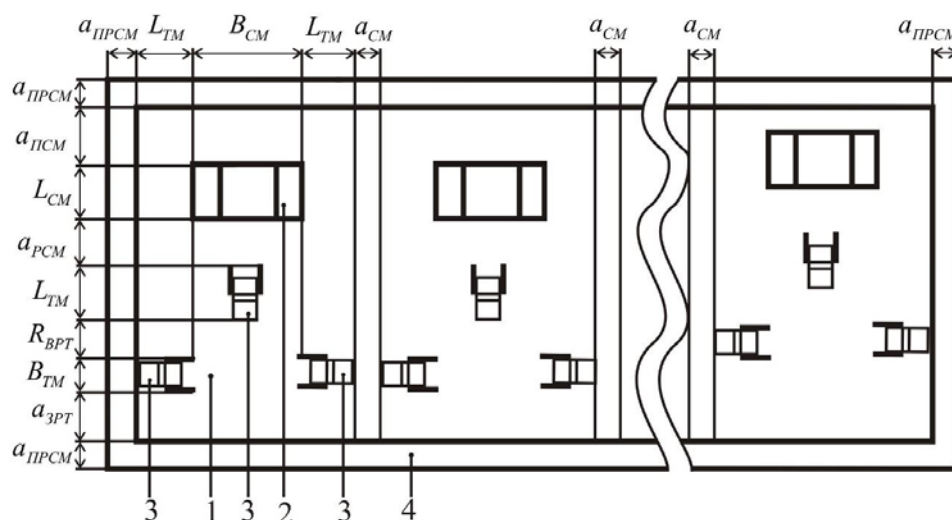


Рисунок 5. Схема расчёта площади для работы сплочных машин совместно с машинами для транспортировки плоских сплочных единиц: 1 — площадка для работы сплочной машины; 2 — сплочная машина; 3 — машина для транспортировки плоских сплочных единиц; 4 — противопожарный разрыв

Figure 5. Scheme for calculating the area for the operation of raft machines together with machines for transporting flat raft units: 1 – the platform for the operation of the bundling machine; 2 – the bundling machine; 3 – the machine for flat raft units’ transportation; 4 – the fire gap

Расчёт требуемой площади плотбища $S_{пл}$ для зимнего формирования плотов необходимо выполнять в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 6, а правильный расчёт площади будет обеспечивать эффективное функционирование берегового склада во время закрытия навигации. Площадь плотбища равна:

$$S_{пл} = (2a_{прпл} + n_{плпр}L_{пл} + a_{плпр}(n_{плпр} - 1)) \times (2a_{плпо} + n_{плпо}B_{пл} + a_{плпо}(n_{плпо} - 1)), \quad (9)$$

где $a_{прпл}$ — ширина противопожарного разрыва на плотбище, м; $L_{пл}$ — длина плота, м; $n_{плпр}$ — планируемое количество плотов, устанавливаемых в продольном направлении плотбища, шт.; $a_{плпр}$ — расстояние между плотами в продольном направлении плотбища, м; $B_{пл}$ — ширина плота, м; $n_{плпо}$ — планируемое количество плотов, устанавливаемых в поперечном направлении плотбища, шт.; $a_{плпо}$ — расстояние между плотами в поперечном направлении плотбища, м.

В зависимости (9) планируемое количество плотов, устанавливаемых в продольном и поперечном направлениях плотбища, определяется в зависимости от расчётного количества плотов $n_{рпл}$, которое будет сформировано на плотбище во время зимней сплотки плоских сплочных единиц. Расчётное количество плотов, которое будет сформировано на плотбище во время зимней сплотки, определяется по зависимости

$$n_{P\Pi\Pi} = \frac{W_{3\Pi\Pi}}{L_{\Pi\Pi} B_{\Pi\Pi} H_{\Pi\Pi} K_{\Pi\Pi\Pi}}, \quad (10)$$

где $W_{3\Pi\Pi}$ — объём круглых лесоматериалов, планируемый на зимнее формирование плотов, м³; $H_{\Pi\Pi}$ — высота плота, м; $K_{\Pi\Pi\Pi}$ — коэффициент полнодревесности плота.

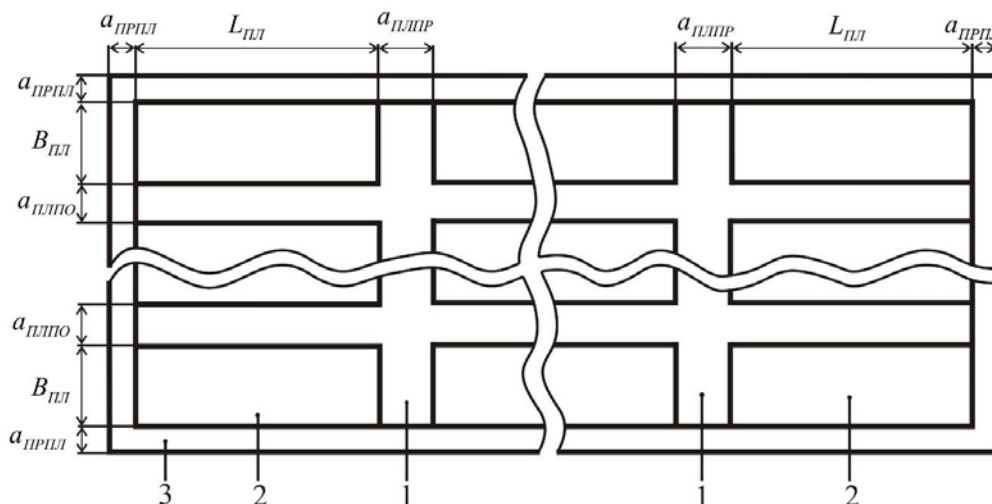


Рисунок 6. Схема расчёта площади плотбища для зимнего формирования плотов: 1 — плотбище; 2 — плот; 3 — противопожарный разрыв

Figure 6. Rafting ground area calculation scheme for winter raft formation: 1 – rafting ground; 2 – raft; 3 – fire gap

В летний период года плотбище может выступать как площадка для хранения плоских сплоточных единиц, в случае если оно не затопляется. В свою очередь, на месте плотбища организуется площадка для хранения плоских сплоточных единиц для весеннего, осеннего и зимнего хранения сплоточных единиц, когда не предусмотрено зимнее формирование плотов. С учётом вышесказанного и используя схему, изображённую на рисунке 7, представим расчётную формулу площади площадки для хранения плоских сплоточных единиц в виде:

$$S_{\Pi\Pi} = (L_{P\Pi\Pi} + 2a_{\Pi\Pi\Pi})(n_{P\Pi\Pi} B_{P\Pi\Pi} + 2a_{\Pi\Pi\Pi} + a_{P\Pi\Pi}(n_{P\Pi\Pi} - 1)), \quad (11)$$

где $L_{P\Pi\Pi}$ — длина ряда уложенных плоских сплоточных единиц, м; $a_{\Pi\Pi\Pi}$ — ширина противопожарного разрыва по периметру площадки для хранения плоских сплоточных единиц, м; $n_{P\Pi\Pi}$ — количество рядов уложенных плоских сплоточных единиц, шт.; $B_{P\Pi\Pi}$ — ширина ряда уложенных плоских сплоточных единиц, м; $a_{P\Pi\Pi}$ — расстояние между рядами плоских сплоточных единиц, м.

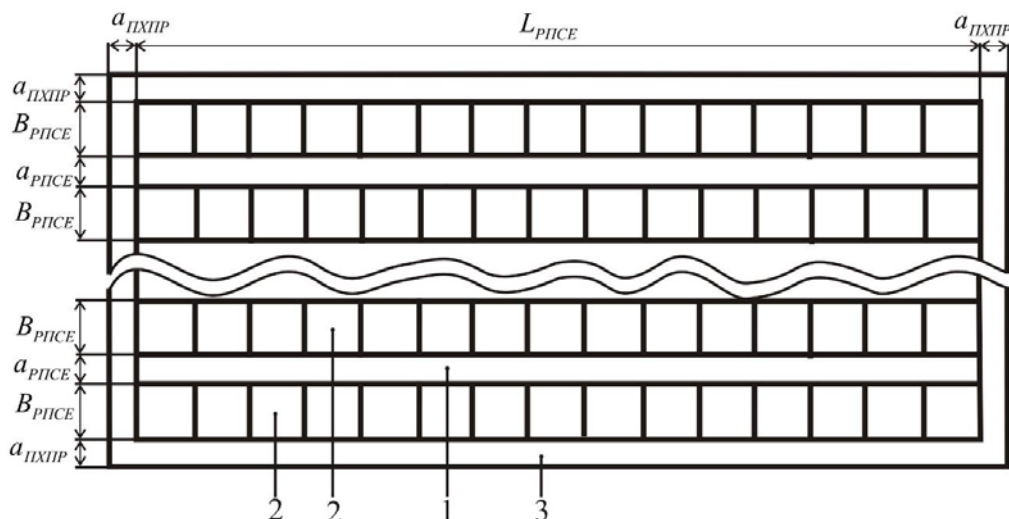


Рисунок 7. Схема расчёта площади площадки для хранения плоских сплоточных единиц: 1 — площадка для хранения плоских сплоточных единиц; 2 — ряды плоских сплоточных единиц; 3 — противопожарный разрыв

Figure 7. Scheme for calculating the area of the site for storing flat units: 1 — a flat-unit storage area; 2 — rows of flat-unit storage areas; 3 — fire gap

Расчётное количество рядов плоских сплоточных единиц для укладки их на хранение зависит от количества плоских сплоточных единиц, которое можно уложить в одном ряду, т. е.

$$n_{РПСЕ} = \frac{W_{ЗПСЕ}}{W_{РПСЕ}} = \frac{W_{ЗПСЕ}}{L_{ПСЕ} B_{ПСЕ} H_{ПСЕ} K_{ППСЕ} n_{КПСЕ}} = \frac{W_{ЗПСЕ}}{L_{ПСЕ} H_{ПСЕ} K_{ППСЕ} L_{РПСЕ} n_{ЯПСЕ}}, \quad (12)$$

где $W_{ЗПСЕ}$ — объём круглых лесоматериалов, планируемый на зимнее формирование плоских сплоточных единиц, m^3 ; $W_{РПСЕ}$ — объём круглых лесоматериалов, помещающихся в ряду плоских сплоточных единиц, m^3 ; $L_{ПСЕ}$ — длина плоской сплоточной единицы, м; $B_{ПСЕ}$ — ширина плоской сплоточной единицы, м; $H_{ПСЕ}$ — высота плоской сплоточной единицы, м; $K_{ППСЕ}$ — коэффициент полндревесности плоских сплоточных единиц; $n_{КПСЕ}$ — количество плоских сплоточных единиц в ряду, шт.; $n_{ЯПСЕ}$ — количество ярусов плоских сплоточных единиц в ряду, шт.

3.2. Обоснование параметров формировочного и переформировочного рейдов

Планомерная и стабильная поставка древесины на перерабатывающие предприятия зависит от организации работ и правильного функционирования сплавных рейдов, устраиваемых на всём протяжении сплавного пути. Процесс деятельности сплавных рейдов регламентируется не только их технологическими расчётами, расчётами креплений сооружений рейда, обоснованием режима работы рейда и т. д. [18—19], но и определением требуемых параметров, что является основой при их проектировании. Следовательно, при

первоначальном проектировании потребных сплавных рейдов необходимо руководствоваться площадью, затрачиваемой под организацию рейдов, определяемой местом их установки в зависимости от характера принимаемых производственных объектов и компоновки рейдов.

Транспортно-технологическая схема, представленная на рисунке 1, предусматривает организацию формировочного рейда в начале сплава возле берегового склада и организацию переформировочного рейда с пунктом (отстойником) для передержки плотов на пути следования, а количество устраиваемых переформировочных рейдов с пунктами (отстойниками) может быть неограниченное. На основе вышесказанного площадь акватории реки, необходимой для организации формировочного рейда, рассчитывается по формуле

$$S_{\text{ФР}} = S_{\text{ЛХ}} + S_{\text{ФС}}, \quad (13)$$

где $S_{\text{ЛХ}}$ — площадь хранилища плоских сплочных единиц, м²; $S_{\text{ФС}}$ — площадь формировочной сетки, м².

Площадь хранилища, ограниченная запанью и предназначенная для хранения плоских сплочных единиц, рассчитывается как

$$S_{\text{ЛХ}} = \frac{L_{\text{ПСЕ}} B_{\text{ПСЕ}} n_{\text{ЛХПСЕ}}}{K_{\text{ЗЛХ}}}, \quad (14)$$

где $n_{\text{ЛХПСЕ}}$ — одновременное количество плоских сплочных единиц, находящихся в хранилище, шт.; $K_{\text{ЗЛХ}}$ — коэффициент, учитывающий заполнение хранилища плоскими сплочными единицами.

Из выражения (14) коэффициент, учитывающий заполнение хранилища плоскими сплочными единицами $K_{\text{ЗЛХ}}$, изменяется от 0,60 до 0,90 включительно. Нижний порог следует принимать, когда сплочные единицы самовольно поступают в хранилище, а верхний порог применим при условии, когда сплочные единицы, поступающие в хранилище, принудительно расставляются вплотную друг к другу.

Количество плоских сплочных единиц, находящихся в хранилище, составит:

$$n_{\text{ЛХПСЕ}} = \frac{W_{\text{ГС}} (T_{\text{ФТ}} + T_{\text{СУ}} + T_{\text{ОБ}} + T_{\text{ЗПСЕ}})}{T_{\text{РДП}} L_{\text{ПСЕ}} B_{\text{ПСЕ}} H_{\text{ПСЕ}} K_{\text{ППСЕ}}}, \quad (15)$$

где $T_{\text{РДП}}$ — количество рабочих дней, на протяжении которых планируется поступление сплочных единиц в хранилище, шт.; $T_{\text{ФТ}}$ — количество дней, затрачиваемых на установку и утяжку формировочного такелажа на плоту, шт.; $T_{\text{СУ}}$ — количество дней, затрачиваемых на установку средств управления плотом, шт.; $T_{\text{ОБ}}$ — количество дней ожидания плота в формировочной сетке перед буксировкой, шт.; $T_{\text{ЗПСЕ}}$ — количество дней необходимого запаса для бесперебойного формирования плотов, шт.

Установка формировочного рейда осуществляется в непосредственной близости с береговым складом, наиболее целесообразно использовать схемы формировочных сеток, имеющие в своём исполнении наименьшую ширину для формирования плота. С учётом вышесказанного наиболее целесообразно в данном случае использовать для формирования

плотов формирующую сетку северодвинского типа. На рисунке 8 представлена схема расчёта необходимой площади акватории реки для устройства формирующей сетки, а её площадь равна:

$$S_{\text{ФС}} = (B_{\text{ПЛ}} n_{\text{ФПЛ}} + b_{\text{Б}} (n_{\text{ФПЛ}} + 1)) (L_{\text{ПЛ}} + l_{\text{ВД}} + l_{\text{ПВ}}) =$$

$$= (B_{\text{ПЛ}} n_{\text{ФПЛ}} + b_{\text{Б}} (n_{\text{ФПЛ}} + 1)) \left[L_{\text{ПЛ}} + l_{\text{ПВ}} + \sqrt{L_{\text{СР}}^2 - \left(\frac{(B_{\text{ПЛ}} n_{\text{ФПЛ}} + b_{\text{Б}} (n_{\text{ФПЛ}} + 1))}{2} \right)^2} \right], \quad (16)$$

где $n_{\text{ФПЛ}}$ — количество плотов, одновременно формирующихся в формирующих дворах, шт.; $b_{\text{Б}}$ — ширина бонов, м; $l_{\text{ВД}}$ — расстояние от приёмной воронки до формирующих дворах, м; $l_{\text{ПВ}}$ — длина приёмной воронки, м; $L_{\text{СР}}$ — длина сортировочной рамы, м.

Количество плотов, одновременно формирующихся в формирующих дворах $n_{\text{ФПЛ}}$, устанавливается в зависимости от ширины сплавного хода и принятой расчётной ширины плота $B_{\text{ПЛ}}$, а также от сменного поступления плоских сплотовых единиц в хранилище $n_{\text{СППСЕ}} = n_{\text{ДППСЕ}}$ и сменной производительности одного формирующего двора $П_{\text{СФД}}$, т. е. расчёт $n_{\text{ФПЛ}}$ можно выполнить по упрощённой формуле следующим образом:

$$n_{\text{ФПЛ}} = \frac{n_{\text{СППСЕ}}}{П_{\text{СФД}}}. \quad (17)$$

В том случае если ширина сплавного хода не позволит выполнить одновременное формирование плотов в формирующих дворах, количество которых рассчитывается по зависимости (17), необходимо прибегать к повышению производительности каждого формирующего двора или сокращению количества плоских сплотовых единиц, поступающих за смену в хранилище, но наиболее целесообразно дополнительно устанавливать формирующие сетки ниже береговых складов по течению реки. При этом важно отметить, что при выборе схем формирующих рейдов следует также руководствоваться [2] не только требуемой минимальной шириной сплавного пути для их установки, но и скоростью течения реки на месте организации рейда.

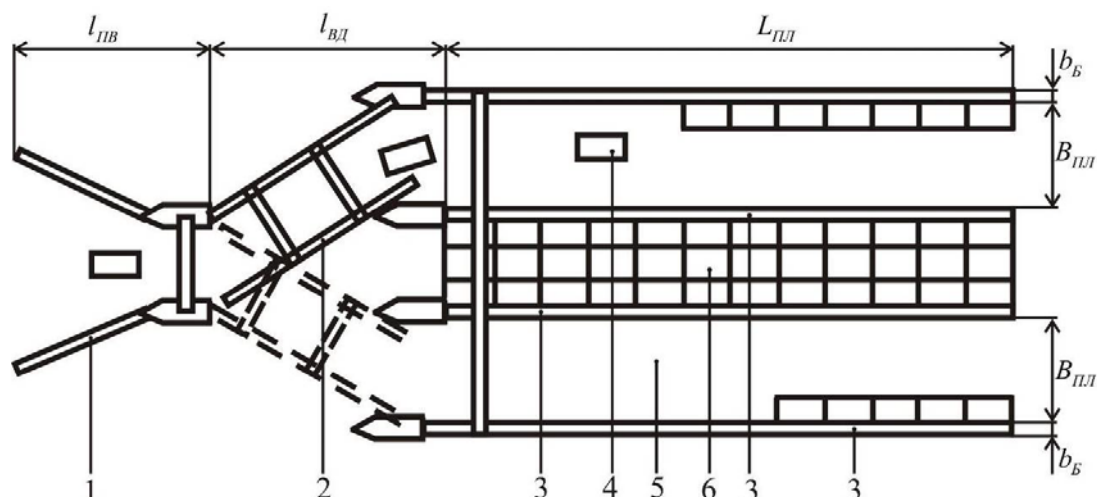


Рисунок 8. Схема расчёта площади акватории реки для устройства формирующей сетки: 1 — приёмная воронка; 2 — сортировочная рама; 3 — бон; 4 — плоская сплочная единица; 5 — формирующий дворик; 6 — плот

Figure 8. Scheme for calculating the area of the river water area for the bundling grid formation: 1 –receiving funnel; 2 – sorting frame; 3 – bon; 4 – flat raft unit; 5 – forming yard; 6 – raft

Переформирующий рейд устраивается на водных путях, габариты которого позволяют формировать крупногабаритные плоты из плотов, поступающих на рейд при первоначальном сплаве, при этом на переформирующий рейд могут поступать плоты с разных береговых складов, имеющие не одинаковые транспортные параметры. В обязательном порядке после рейда устраивается пункт (отстойник) для кратковременной или длительной передержки плотов. Таким образом, площадь переформирующего рейда будет складываться из площади участка для переформирования плотов $S_{упф}$ и площади пункта (отстойника) для кратковременной или длительной передержки плотов $S_{оп}$, т. е.

$$S_{пр} = S_{упф} + S_{оп}. \quad (18)$$

Площадь участка для переформирования плотов $S_{упф}$ в зависимости от способа формирования крупногабаритных (магистральных) плотов (рисунок 9) определяется тремя выражениями:

$$S_{упф} = (b_{пв} + B_{пл}(n_{шпл} + 1) + l_{шс}(n_{шпл} - 1) + b_{бпл}) \times \\ \times [n_{кпл} (n_{дпл} L_{пл} + l_{дс}(n_{дпл} - 1)) + l_{бт} + L_{б} + l_{тпл} + l_{ркпл}]; \quad (19)$$

$$S_{упф} = (b_{пв} + B_{пл}(n_{шпл} + 1) + l_{шс}(n_{шпл} - 1) + b_{бпл}) \times \\ \times [n_{кпл} (n_{дпл} L_{пл} + l_{дс}(n_{дпл} - 1) + l_{бт} + L_{б}) + l_{тпл} + l_{ркпл} + 0,5D_{ц}(n_{кпл} - 1)]; \quad (20)$$

$$S_{\text{упф}} = (b_{\text{пб}} + B_{\text{пл}}(n_{\text{шпл}} + 1) + l_{\text{шс}}(n_{\text{шпл}} - 1)) \times \\ \times [n_{\text{кпл}}(n_{\text{дпл}}L_{\text{пл}} + l_{\text{дс}}(n_{\text{дпл}} - 1) + l_{\text{бт}} + L_{\text{б}} + l_{\text{ркпл}}) + l_{\text{тпл}}], \quad (21)$$

где $b_{\text{пб}}$ — ширина бона или причала на переформировочном рейде, м; $n_{\text{шпл}}$ — количество плотов, устанавливаемых по ширине крупногабаритного плота, шт.; $l_{\text{шс}}$ — расстояние между плотами (линейками, секциями) по ширине крупногабаритного плота, м; $b_{\text{бпл}}$ — расстояние для безопасной проводки плота, м; $n_{\text{кпл}}$ — количество крупногабаритных плотов, одновременно изготавливаемых на рейде, шт.; $n_{\text{дпл}}$ — количество плотов, устанавливаемых по длине крупногабаритного плота, шт.; $l_{\text{дс}}$ — расстояние между плотами (линейками, секциями) по длине крупногабаритного плота, м; $l_{\text{бт}}$ — расстояние от плота до буксировщика, м; $L_{\text{б}}$ — длина буксировщика, м; $l_{\text{тпл}}$ — расстояние, необходимое для остановки плота, м; $l_{\text{ркпл}}$ — расстояние, необходимое для разгона крупногабаритного плота, м; $D_{\text{ц}}$ — диаметр циркуляции буксировщика, м.

Каждое выражение [(19), (20), (21)] расчёта площади переформировочного рейда используется при определённом способе переформирования плотов. Выражение (19) применимо при способе (рисунок 9, а), когда первый плот на переформировании устанавливается в конце рейда, а каждый последующий плот, поставляемый на переформирование, устанавливается вплотную к хвостовой части плота, впереди стоящего на переформировании, при этом вывод крупногабаритных плотов из переформировочного рейда выполняется с конца рейда. В свою очередь, по зависимости (20) рассчитывается площадь переформировочного рейда в случае (рисунок 9, б), когда первый плот на переформировании устанавливается в конце рейда, а каждый последующий плот, поставленный на переформирование, устанавливается перед хвостовой частью плота, впереди стоящего на переформировании, таким образом, что буксирное судно после полной остановки плота в расчётном месте, с учётом собственного габарита и буксирных тросов, может беспрепятственно выйти с рейда. В данном случае вывод крупногабаритных плотов из переформировочного рейда выполняется с конца рейда. Согласно выражению (21) (рисунок 9, в), первый плот на переформировании устанавливается в конце рейда, где каждый последующий плот, поставленный на переформирование, устанавливается перед хвостовой частью плота, впереди стоящего на переформировании, таким образом, что буксирное судно после полной остановки плота в расчётном месте и его преобразования в крупногабаритный плот, с учётом собственного габарита и буксирных тросов, может вывести его в фарватер реки, не задев хвостовую часть впереди стоящего плота. Следовательно, вывод крупногабаритного плота с переформировочного рейда выполняется независимо от его переформировочного местоположения на рейде.

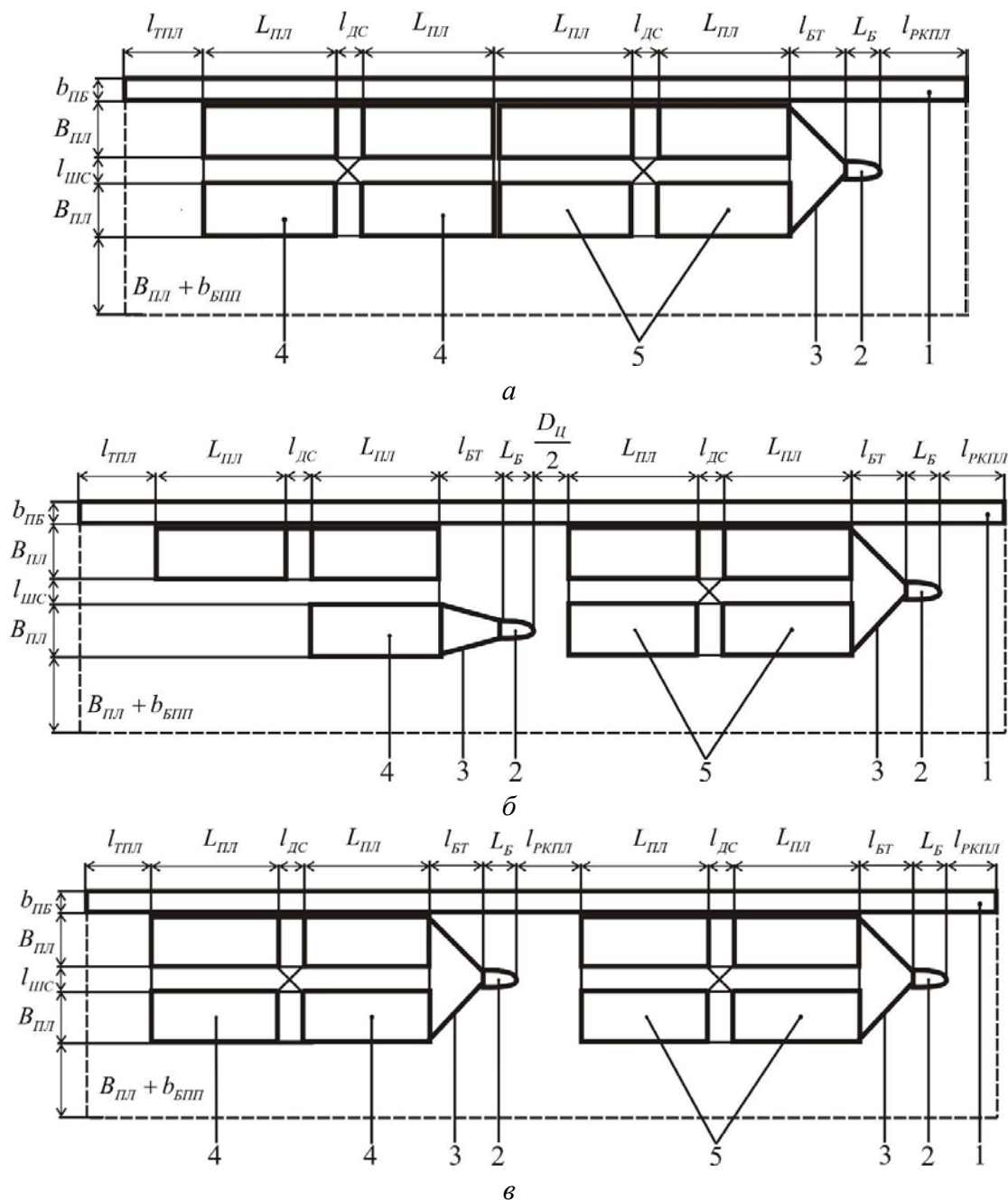


Рисунок 9. Схемы расчёта площади акватории реки для устройства переформировочного рейда: *а* — последовательный; *б* — параллельный; *в* — универсальный; 1 — бон (причал); 2 — буксирное судно; 3 — буксирный трос; 4 — плот первоначального плотового сплава; 5 — крупногабаритный плот

Figure 9. Schemes for calculating the area of the river water area for a re-bundling ground: (a) sequential; (b) parallel; (c) universal; 1 – bon (berth); 2 – towing vessel; 3 – tow rope; 4 – original raft; 5 – large-sized raft

Необходимо отметить, что на переформировочный рейд могут поступать плоты с разных береговых складов, а полученные крупногабаритные плоты могут отправляться различным потребителям. Таким образом, в зависимостях (19), (20), (21) такие показатели, как $n_{шпл}$, $l_{шс}$, $n_{кпл}$, $n_{дпл}$, $l_{дс}$, устанавливаются индивидуально в зависимости от объёмов поставки древесины в плотах на переформировочный рейд, а также от транспортных условий и требований потребителей.

Крупногабаритные плоты после своего изготовления непосредственно буксируются потребителям или отправляются в пункт (отстойник) для кратковременной или длительной передержки плотов. Максимальное расчётное количество крупногабаритных плотов, которое планируется отправлять на навигационное хранение в пункт (отстойник), зависит от первоочередных заказов потребителей, количества плотов, поступающих на переформировочный рейд, и крупногабаритных плотов, выходящих с рейда, количества буксировщиков, задействованных на буксировке крупногабаритных плотов, и дальности буксировки.

Таким образом, с учётом вышесказанного и используя расчётную схему определения необходимой площади акватории реки для организации пункта (отстойника) для передержки крупногабаритных плотов, которая представлена на рисунке 10, площадь $S_{оп}$ равна:

$$S_{оп} = (b_{пбпо} + B_{кпл} (n_{кплш} + 1) + b_{бкпл}) \times \\ \times [L_{кпл} n_{кплд} + l_{ткпл} + l_{ркпл} + l_{пкпл} (n_{кплд} - 1) + l_{бт} + L_{б}], \quad (22)$$

где $b_{пбпо}$ — ширина бона или причала в пункте (отстойнике) для передержки плотов, м; $B_{кпл}$ — ширина крупногабаритного плота, м; $n_{кплш}$ — планируемое количество крупногабаритных плотов, устанавливаемых по ширине пункта (отстойника), шт.; $L_{кпл}$ — длина крупногабаритного плота, м; $n_{кплд}$ — планируемое количество рядов крупногабаритных плотов, устанавливаемых по длине пункта (отстойника), шт.; $l_{ткпл}$ — расстояние, необходимое для остановки крупногабаритного плота, м; $l_{пкпл}$ — интервал между поперечными рядами крупногабаритных плотов, м; $b_{бкпл}$ — расчётное расстояние для безопасной проводки крупногабаритного плота, м.

В зависимости (22) показатели $n_{кплш}$ и $n_{кплд}$ устанавливаются изначально при планировании пункта (отстойника) для кратковременной или длительной передержки плотов или рассчитываются с учётом задействованных буксировщиков на транспортировке крупногабаритных плотов и продолжительности одного рейса, а также сменного выхода крупногабаритных плотов с переформировочного рейда. Интервал между рядами крупногабаритных плотов $l_{пкпл}$ рекомендуется принимать [4] $(0,2 \dots 0,4) L_{кпл}$.

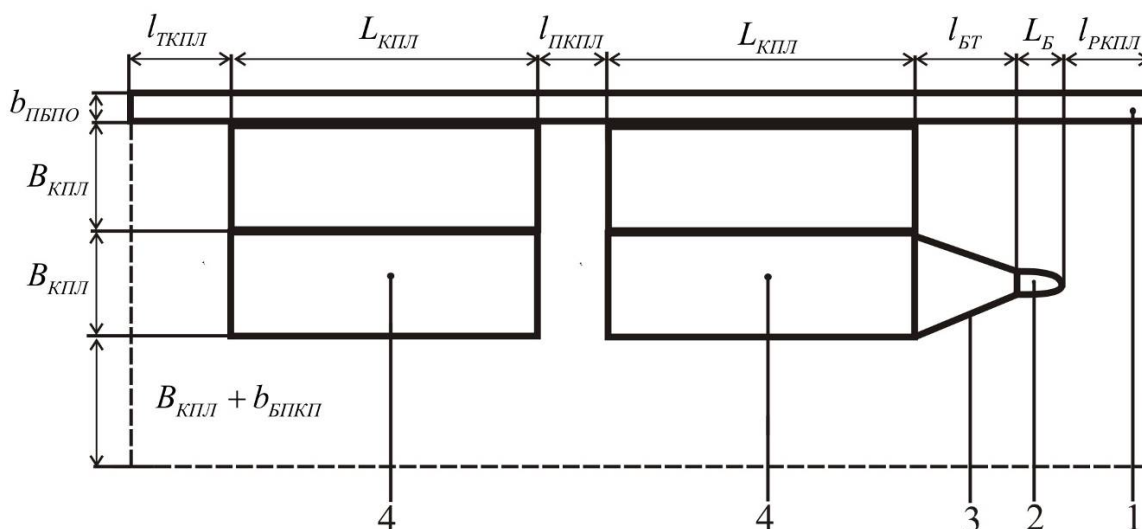


Рисунок 10. Схемы расчёта площади акватории реки для устройства пункта (отстойника) для кратковременной или длительной передержки плотов: 1 — бон (причал); 2 — буксирное судно; 3 — буксирный трос; 4 — крупногабаритный плот

Figure 10. Schemes for calculating the area of the river water area for a collection pool for short-term or long-term overexposure of rafts: 1 – bon (berth); 2 – towing vessel; 3 – tow rope; 4 – large-sized raft

3.3. Обоснование параметров рейда приплава

Рейд приплава является заключительной стадией сплава лесоматериалов, на такой рейд различным видом водного транспорта доставляется за всю навигацию весь запланированный объём древесины с различных береговых складов, формировочных и переформировочных рейдов. Соответственно, за навигацию рейд приплава обязан принять всю древесину, т. е. расформировать плоты и выгрузить плоские сплоточные единицы с воды на берег, где они разбираются, а круглые лесоматериалы складываются в штабеля на площадку для хранения. На основе вышесказанного при проектировании рейдов приплава стоит задача наиболее точно рассчитать потребную площадь всех составляющих элементов рейда, а именно (см. рисунок 1) плотостоянки, расформировочного участка, площадки для выгрузки с воды на берег и хранения плоских сплоточных единиц, площадки для расформирования плоских сплоточных единиц и площадки для хранения круглых лесоматериалов в штабелях.

Площадь плотостоянки для крупногабаритных плотов $S_{ПКП}$ определяется исходя из количества плотов, приходящих на рейд в смену, и сменной производительности процессов расформирования плотов и выгрузки плоских сплоточных единиц из воды на берег. При этом учитываются различия режима поступления плотов на рейд и выгрузки плоских сплоточных единиц на берег. Таким образом, расчёт площади плотостоянки принципиально не отличается от расчёта площади пункта (отстойника) для кратковременной или длительной передержки плотов. На основе вышесказанного площадь плотостоянки рассчитывается по формуле

$$S_{ПКП} = (b_{БПС} + B_{КПЛ} (n_{ПШШ} + 1) + b_{БПКП}) \times \\ \times (l_{ТКПЛ} + L_{КПЛ} n_{ПШД} + l_{ПКПЛ} (n_{ПШД} - 1) + l_{РКПЛ} + l_{БТ} + L_{Б}), \quad (23)$$

где $b_{БПС}$ — ширина бона, принимаемая на плотостоянке, м; $n_{ПШШ}$ — количество плотов, устанавливаемых в ряд по ширине акватории плотостоянки, шт.; $n_{ПШД}$ — количество плотов, устанавливаемых в ряд по длине акватории плотостоянки, шт.

В формуле (23) расстояние между крупногабаритными плотами по длине $l_{ПКПЛ}$ рекомендуется принимать [4] $0,3 \dots 0,4 L_{КПЛ}$, а количество плотов, устанавливаемых в ряд по длине акватории плотостоянки, составит:

$$n_{ПШД} = \frac{W_{ДКПЛ}}{L_{КПЛ} B_{КПЛ} H_{КПЛ} K_{ПКПЛ} n_{ПШШ}}, \quad (24)$$

где $W_{ДКПЛ}$ — объём древесины, накапливающийся на рейде приплава, устанавливается по графику поступления древесины на рейд и графику выгрузки его на берег, м³; $K_{ПКПЛ}$ — коэффициент полндревесности крупногабаритного плота.

Площадь водного объекта, необходимая для устройства расформировочного участка, схематически представлена на рисунке 11 и определяется по формуле

$$S_{УРПЛ} = (b_{ПНР} + b_{БНР} + 2,5 B_{КПЛ}) \times [l_{ТКПЛ} + n_{УРПЛ} (L_{КПЛ} + L_{УРПК} + L_{ЛНР} + l_{УКПЛ} (n_{УРПЛ} - 1))], \quad (25)$$

где $b_{ПНР}$ — ширина причала на участке для расформирования плотов, м; $b_{БНР}$ — ширина бонов на участке для расформирования плотов, м; $n_{УРПЛ}$ — расчётное количество плотов, одновременно находящихся на участке для расформирования плотов, шт.; $L_{ЛНР}$ — длина накопителя, м; $L_{УРПК}$ — длина проводящих коридоров, м; $l_{УКПЛ}$ — минимальное расстояние между плотами, м.

В формуле (25) ширина $B_{КПЛ}$ и длина $L_{КПЛ}$ крупногабаритного плота принимается, если на расформировочный участок подаётся цельный крупногабаритный плот; в случае, когда на расформировочный участок подаются отдельные секции или линейки, то вместо ширины $B_{КПЛ}$ и длины $L_{КПЛ}$ принимаются ширина и длина секции или линейки, а расчётное количество плотов, одновременно находящихся на участке для расформирования, зависит от навигационной пропускной способности одного причала на выгрузке плоских сплоточных единиц и определяется из выражения

$$n_{УРПЛ} = \frac{W_{ГСП}}{W_{ПРВР}}, \quad (26)$$

где $W_{ГСП}$ — годовой объём оборота древесины на рейде приплава, м³; $W_{ПРВР}$ — навигационная пропускная способность одного причала на расформировочном участке, м³.

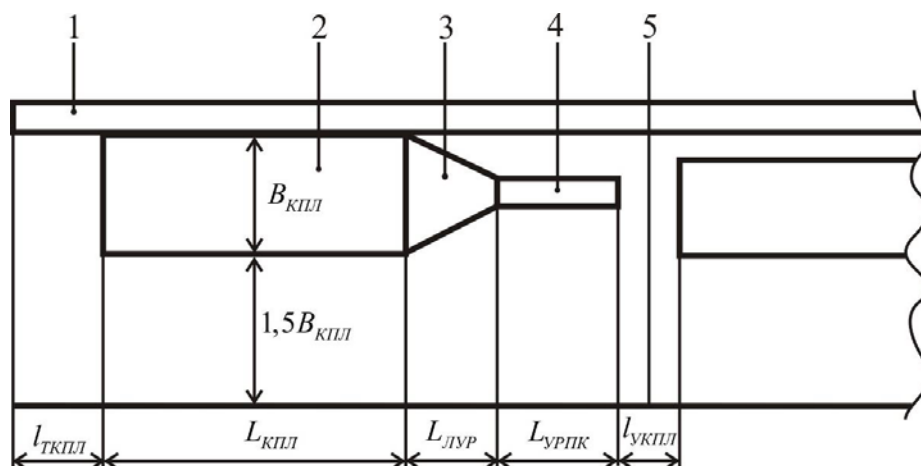


Рисунок 11. Схема расчёта площади расформировочного участка: 1 — причал; 2 — плот; 3 — накопитель; 4 — проводящие коридоры; 5 — боны

Figure 11. Scheme for calculating the area of the disbanding area: 1 — berth; 2 — raft; 3 — storage; 4 — conducting corridors; 5 — booms

В равенстве (26) навигационная пропускная способность одного причала на расформировочном участке зависит от производительности машин, задействованных на выгрузке плоских сплочных единиц.

Необходимая площадь площадки для выгрузки плоских сплочных единиц с воды на берег, оснащённой башенным краном с устройством для выгрузки сплочных единиц и транспортной машиной сплочных единиц (рисунок 12), определяется из выражения

$$S_{ВПСЕ} = \left[n_{УРПЛ} (L_{ВПСЕ} + 2a_{ПР} + l_{ДБК}) \right] (n_{ВПСЕ} B_{ВПСЕ} + 2a_{ПР} + a_{РПСЕ} (n_{ВПСЕ} - 1)), \quad (27)$$

где $L_{ВПСЕ}$ — длина ряда уложенных плоских сплочных единиц при выгрузке из воды на берег, м; $l_{ДБК}$ — длина береговой линии, необходимой для перемещения башенного крана, м; $n_{ВПСЕ}$ — количество рядов уложенных плоских сплочных единиц при выгрузке из воды на берег на одной площадке, шт.; $B_{ВПСЕ}$ — ширина ряда уложенных плоских сплочных единиц при выгрузке из воды на берег, м.

Расчётное количество рядов плоских сплочных единиц, необходимое для укладки их на хранение после выгрузки из воды на берег, устанавливается исходя из того, чтобы расформировочные машины были задействованы постоянно в безнавигационный период года, и будет зависеть от количества плоских сплочных единиц, которое можно уложить в одном ряду, т. е.

$$n_{ВПСЕ} = \frac{W_{ВПСЕ}}{W_{РВПСЕ}} = \frac{W_{ВПСЕ}}{L_{ПСЕ} B_{ПСЕ} H_{ПСЕ} K_{ППСЕ} n_{ВПСЕ} n_{УРПЛ}} = \frac{W_{ВПСЕ}}{L_{ПСЕ} H_{ПСЕ} K_{ППСЕ} L_{ВПСЕ} n_{ЯПСЕ} n_{УРПЛ}}, \quad (28)$$

где $W_{ВПСЕ}$ — объём круглых лесоматериалов, необходимый для укладки на хранение в безнавигационный период года, $м^3$; $W_{РВПСЕ}$ — объём круглых лесоматериалов, помещающихся в ряду плоских сплочных единиц при выгрузке из воды на берег, $м^3$; $n_{ВПСЕ}$ — количество плоских сплочных единиц в ряду при выгрузке из воды на берег, шт.

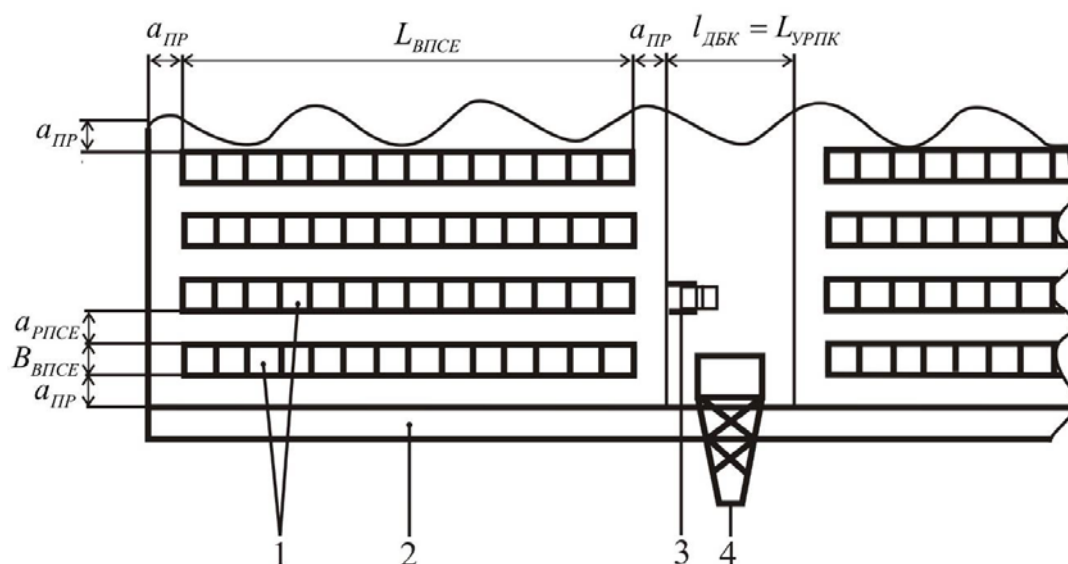


Рисунок 12. Схема расчёта площадки для выгрузки плоских сплочных единиц из воды на берег: 1 — ряды плоских сплочных единиц; 2 — причал; 3 — транспортная машина сплочных единиц; 4 — башенный кран

Figure 12. Scheme for calculating the site for unloading flat raft units from the water to the shore: 1 – rows of flat raft units; 2 – berth; 3 – transportation vehicle of flat units; 4 – tower crane

Длина каждого ряда уложенных плоских сплочных единиц при выгрузке из воды на берег составит:

$$L_{ВПСЕ} = \frac{l_{ТКПЛ} + l_{УКПЛ}}{2} + L_{КПЛ} + L_{ЛНР} - 2a_{ПР}. \quad (29)$$

На рисунке 13 представлена схема расчёта необходимой площади участка для расформирования плоских сплочных единиц, откуда площадь участка будет:

$$S_{ПРПСЕ} = (2B_{ЧЛ} + B_{СМ} + 2a_{ЗСМ} + 2R_{ВРЧ} + 2L_{ЧЛ}) L_{РАСЕ}, \quad (30)$$

где $L_{РАСЕ}$ — расчётная длина участка, предназначенного для расформирования плоских сплочных единиц, м.

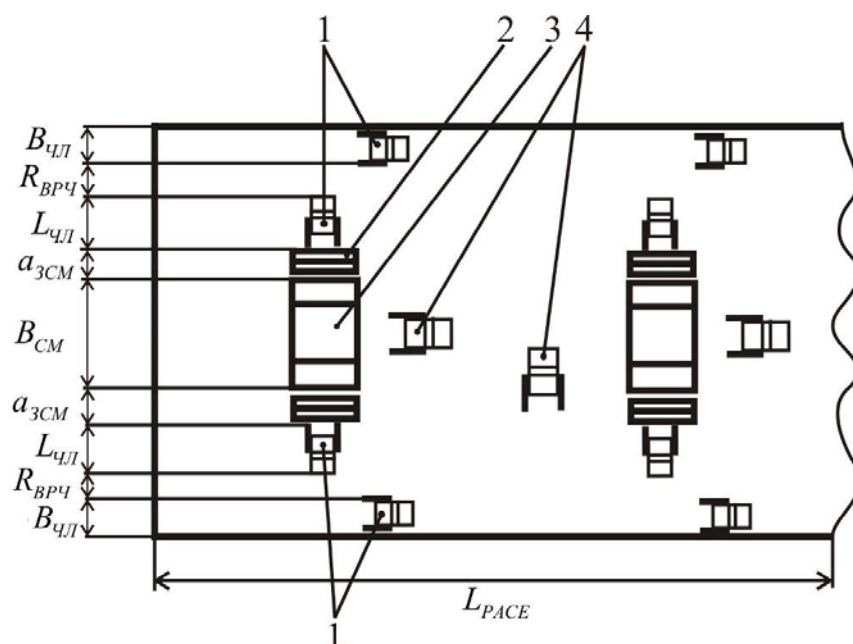


Рисунок 13. Схема расчёта необходимой площади участка для расформирования плоских сплоточных единиц: 1 — челюстной погрузчик; 2 — круглые лесоматериалы; 3 — сплоточная машина; 4 — транспортная машина плоских сплоточных единиц

Figure 13. Scheme for calculating the required area of the plot for disbanding flat raft units: 1 – grapple loader; 2 – round timber; 3 – bundling machine; 4 – transportation machine of flat raft units

В формуле (30) длину участка, предназначенного для расформирования плоских сплоточных единиц $L_{РАСЕ}$, следует рассчитывать из выражения

$$L_{РАСЕ} = n_{УРПЛ} (L_{ВПСЕ} + 2a_{ПР} + l_{ДБК}). \quad (31)$$

В практических условиях количество расформировочных машин, устанавливаемых на расформировочной площадке, зависит от их сменной или годовой производительности, т. е.

$$n_{PM} = \frac{W_{ГСП}}{П_{ГРМ} K_{ГРМ}}, \quad (32)$$

где $П_{ГРМ}$ — годовая производительность расформировочной машины, $м^3$; $K_{ГРМ}$ — коэффициент готовности расформировочной машины.

Минимальное допустимое расстояние между расформировочными машинами устанавливается в зависимости от направления выгрузки круглых лесоматериалов из расформировочной машины. Если зона выгрузки расформировочных машин направлена в разные стороны, то расстояние между соседними машинами устанавливается равное двойному противопожарному разрыву. В случае, когда зона выгрузки лесоматериалов

из расформировочной машины направлена последовательно (см. рисунок 13), то минимальное допустимое расстояние между расформировочными машинами определяется из выражения

$$l_{PM \min} = a_{PPM} + L_{TM} + R_{BPT} + B_{TM} + a_{ЗРТ}, \quad (33)$$

где a_{PPM} — минимально допустимое расстояние от расформировочной машины до начала поворота транспортной машины плоских сплотовых единиц, м.

Наиболее целесообразно поворачивать зону выгрузки каждой расформировочной машины друг на друга, а по мере уменьшения плоских сплотовых единиц в рядах перемещать расформировочные машины вдоль рядов плоских сплотовых единиц. Тогда минимальное допустимое расстояние между расформировочными машинами составит:

$$l_{PM \min} = 2(a_{PPM} + L_{TM} + R_{BPT} + B_{TM} + a_{ЗРТ}). \quad (34)$$

Площадка (склад) для хранения круглых лесоматериалов в штабелях на рейде приплава, а именно её параметры и площадь, соответственно устанавливается и определяется исходя из объёма круглых лесоматериалов, который необходимо размещать на площадке, чтобы процесс дальнейшей переработки древесины был постоянен. При этом в случае, когда рейд приплава находится на территории перерабатывающего предприятия, на площадку для хранения круглых лесоматериалов могут поступать круглые лесоматериалы, которые доставляются на предприятие другим видом транспорта. Таким образом, с учётом противопожарных норм схема площадки (склада) для хранения круглых лесоматериалов представлена на рисунке 14, а расчётная формула определения площади площадки (склада) примет вид:

$$S_{ПХКЛ} = (n_{КШКП} L_{ШТ} + 2a_{ПРП} + a_{ШПР} (n_{КШКП} - 1)) \times \\ \times \left[2a_{ПРП} + B_{ШТ} n_{ШТГ} n_{ГШТК} n_{КШТП} + a_{ШТ} n_{ГШТК} n_{КШТП} (n_{ШТГ} - 1) + \right. \\ \left. + a_{ШПРР} n_{КШТП} (n_{ГШТК} - 1) + a_{ШПРК} n_{КПРК} \right], \quad (35)$$

где $n_{КШКП}$ — количество групп штабелей в квартале в продольном направлении, шт.; $a_{ПРП}$ — ширина противопожарного разрыва по периметру площадки (склада), м; $a_{ШПР}$ — ширина поперечного разрыва в группе штабелей круглых лесоматериалов, м; $n_{ШТГ}$ — количество штабелей в одной группе штабелей круглых лесоматериалов, шт.; $n_{ГШТК}$ — количество групп штабелей в одном квартале в поперечном направлении, шт.; $n_{КШТП}$ — количество кварталов штабелей круглых лесоматериалов в поперечном направлении, шт.; $a_{ШПРР}$ — ширина продольного разрыва в группе штабелей круглых лесоматериалов, м; $a_{ШПРК}$ — ширина противопожарного разрыва между кварталами штабелей круглых лесоматериалов, м; $n_{КПРК}$ — количество противопожарных разрывов между кварталами, шт.

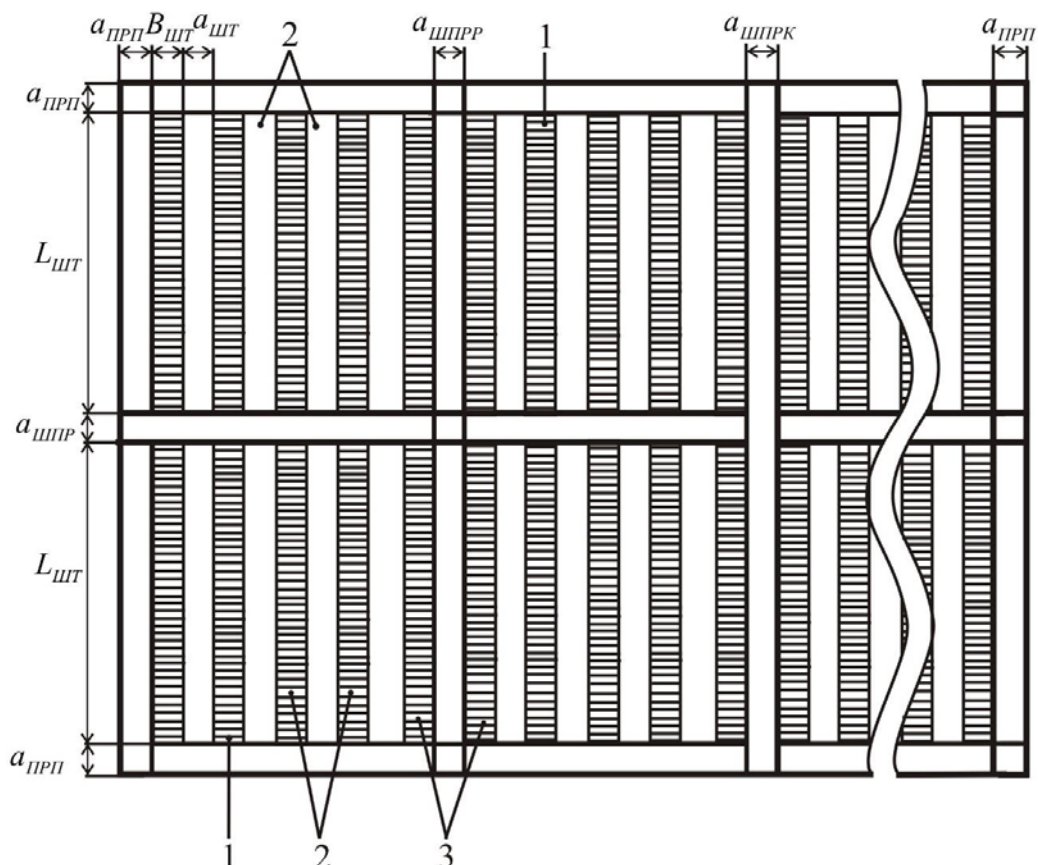


Рисунок 14. Схема расчёта площади площадки (склада) для хранения круглых лесоматериалов: 1 — штабель круглых лесоматериалов; 2 — группа штабелей круглых лесоматериалов; 3 — квартал штабелей круглых лесоматериалов

Figure 14. Scheme for calculating the area of the site (landing) for round timber storage: 1 – a stack of round timber; 2 – a group of round timber stacks; 3 – a block of round timber stacks

Количество штабелей круглых лесоматериалов $n_{ШТРП}$, которое необходимо уложить на рейде приплава, рассчитывается следующим образом:

$$n_{ШТРП} = \frac{W_{ДРП}}{L_{ШТ} H_{ШТ} B_{ШТ} K_{ПШТ}}, \quad (36)$$

где $W_{ДРП}$ — объём древесины, который планируется храниться на площадке (складе), m^3 .

Рассчитав потребное количество штабелей на рейде приплава, можно определить количество групп штабелей $n_{ГШТ}$ круглых лесоматериалов, которое будет формироваться на площадке, их количество равно:

$$n_{ГШТ} = \frac{n_{ШТРП}}{n_{ШТГ}}. \quad (37)$$

Используя равенство (36), можно определить количество кварталов штабелей круглых лесоматериалов:

$$n_{кшт} = \frac{n_{гшт}}{n_{кгшт}}, \quad (38)$$

где $n_{кгшт}$ — количество групп штабелей круглых лесоматериалов, размещаемых в одном квартале, шт.

На основе расчётных показателей $n_{штгп}$, $n_{гшт}$ и $n_{кшт}$ планируется количественное размещение кварталов штабелей круглых лесоматериалов на площадке (складе); следовательно, зная количество групп штабелей круглых лесоматериалов и количество кварталов штабелей круглых лесоматериалов, принимаются такие показатели, как $n_{кшкп}$, $n_{гштк}$ и $n_{кштп}$.

4. Обсуждение и заключение

Разработанная транспортно-технологическая схема поставки древесины в плоских сплочных единицах и функционирующая по принципу плот (линейка) — плот даёт возможность наиболее рационально распределить всю последовательность выполнения операций с лесоматериалами, начиная от берегового склада, который располагается на малых и средних реках, и заканчивая рейдами приплава, примыкающего, например, к деревообрабатывающему предприятию или лесосырьевой бирже. При этом данная транспортно-технологическая схема учитывает все особенности сплава древесины на базе плоских сплочных единиц, из которых формируются плоты для первоначального и магистрального сплава.

Предложенная методика расчёта параметров всех основных объектов (береговой склад, формировочный и переформировочный рейды, рейд приплава), входящих в состав разработанной транспортно-технологической схемы, является оригинальным вариантом обоснования потребной площади земельного участка или акватории водного объекта, которые предназначаются для обеспечения функционирования заданного технологического процесса, относящегося к проектируемому объекту.

Практическое применение разработанной транспортно-технологической схемы и методики определения параметров основных объектов, входящих в её состав, повлечёт за собой возобновление сплава древесины по малым и средним рекам с обеспечением оптимальной потребности машин и механизмов, предназначенных для выполнения различных задач при сплаве древесины в плоских сплочных единицах и плотях на их основе.

Список литературы

1. *Овчинников М. М., Полищук В. П., Григорьев Г. В.* Транспорт леса: в 2 т. Т. 2: Лесосплав и судовые перевозки: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 208 с.
2. Водный транспорт леса: учебник для вузов. 2-е изд., стереотип. / под общ. ред. В. И. Пятакина. М.: МГУЛ, 2002. 422 с.
3. *Васильев В. В.* Анализ распространённых транспортно-технологических схем водного транспорта лесоматериалов // Научный журнал молодых учёных ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ». 2019. № 4 (17). С. 48—52.
4. *Лебедев Н. И., Поминова Г. И.* Водный транспорт леса. изд. 2-е, перераб. М.: Лесная промышленность, 1974. 304 с.
5. *Цветков Н. В., Королев Н. М., Шульц Г. Ф.* Развитие советского лесосплава. М.: Гослесбумиздат, 1950. 168 с.
6. Patent 5119529 USA, Int. Cl.5 B 63 B 35/62. Cable hook / Wire Rope Industries Ltd., Pointe-Claire, Canada. No. 703,844; filed: 21.05.1991; date application 09.06.1992.
7. Patent 3556319 USA, Int. Cl. B 63 b 27/16. Log-bundling apparatus / M. Ray Holden, P. O. Box 716, Ketchikan, Alaska. No. 857,247; filed: 30.06.1969; date application 19.01.1971.
8. Patent 3971309 USA, Int. Cl.2 B 63 B 27/16. Log bundling apparatus and method of bundling logs / Wilfred Spry Brodie, P. O. Box 175, Gibsons, British Columbia, VON 1VO, Canada. No. 566,904; filed: 10.04.1975; date application 27.07.1976.
9. Patent 3553752 USA, Int. Cl.2 B 63 b 35/58. Log-bundling apparatus and method / Kenneth E. Roberts and Alvin M. Roberts, both of 705 W. McBryde, Montesano, Wash. No. 751,954; filed: 12.08.1968; date application 12.01.1971.
10. Patent 3662413 USA, Int. Cl.2 B 63 b 35/00. Metal ring for fastening parts by means of ocean wave force / Toshiro Andoh. No. 10,354; filed: 13.04.1970; date application 16.05.1972.
11. Patent 2961671 USA, Int. Cl.9-15 B 63 B 35/62. Bundle raft with quick detachable fitting / William A. Meighan, Portland, Oreg. No. 684,450; filed: 17.09.1957; date application 29.11.1960.
12. Patent 1724422 USA, Int. Cl. B 63 B. Logging raft / Bill E. Roberson, of Seattle, Washington. No. 255,598; filed: 20.02.1928; date application 13.08.1929.
13. *Васильев В. В., Аксенов И. И.* Транспортно-технологическая схема поставки лесоматериалов потребителям в плоских сплотовых единицах по принципу плоская сплотовая единица — баржа // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы междунар. научно-практич. конф.; г. Воронеж, 24—25 нояб. 2020 г. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ», 2020. С. 30—33.
14. *Васильев В. В., Афоничев Д. А.* Усовершенствованные системы плотового сплава лесоматериалов: [монография]. Saarbrucken (Германия): Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 284 с.
15. Современные технические решения, используемые для изготовления сплотовых единиц / В. В. Васильев, Д. Н. Афоничев, В. А. Морковин, Е. В. Поздняков // Сквозные технологии промышленных производств и экономическая безопасность: материалы Второй всерос. научно-практич. конф.; г. Петрозаводск, 11—12 нояб. 2020 г. Петрозаводск: Версо, 2020. С. 59—63.
16. *Васильев В. В., Афоничев Д. Н.* Анализ устройств для изготовления плоских сплотовых единиц // Актуальные направления научных исследований для эффективного развития АПК: материалы Междунар. научно-практич. конф.; г. Воронеж, 27 марта 2020 г. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ», 2020. Ч. I. С. 183—190.

17. Васильев В. В., Аксенов И. И. Анализ конструкций перспективных плоских сплоченных единиц // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции — новые технологии и техника нового поколения для АПК: сб. науч. докл. XX междунар. научно-практич. конф.; г. Тамбов, 26—27 сент. 2019 г. Тамбов: Изд-во «Студия печати Галины Золотовой», 2019. С. 188—191.
18. Папонов Н. Н., Сушков С. И. Водный транспорт леса: учеб. пособие / М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». Воронеж, 2016. 200 с.
19. Овчинников М. М., Полищук В. П. Водный транспорт леса: учеб. пособие. СПб.: СПбГЛТА, 2007. 268 с.
20. Арзуманов А. А., Васильев В. В. Модернизация вахтовых посёлков лесозаготовителей // Лесотехнический журнал / ВГЛТА. Воронеж, 2012. № 2 (6). С. 78—84.
21. Romines A. Constructing the Little House: Gender, Culture, and Laura Ingalls Wilder. University of Massachusetts Press, 1997. 193 p.
22. Duncan Marshall BSc MCIQB MBEng, Derek Worthing BSc Mphil MRICS 2006. Constructing the Little House: Gender, Culture, and Laura Ingalls Wilder. 309 p.
23. Minter S. Building Structures. HMSO, 1990. 193 p.
24. Moore J. F. A. Monitoring Building Structures. Routledge, 1998. 168 p.
25. C. Michael Hall, Dieter K. Muller. Tourism, Mobility & Second Homes: Between Elite Landscape and Common Ground. Multilingual Matters, 1998. 314 p.

References

1. Ovchinnikov M. M., Polishchuk V. P., Grigoriev G. V. *Transport of the forest: In 2 vols. Vol. 2: Lesosplav and ship transportation: textbook for students. higher. study. Institutions.* Moscow, Publishing center «Academy», 2009. 208 p. (In Russ.)
2. *Water transport of the forest: a textbook for universities, 2nd ed. Stereotype*, under the general editorship of V. I. Patyakin. Moscow, MGUL, 2002. 422 p. (In Russ.)
3. Vasiliev V. V. Analysis of common transport and technological schemes of water transport of timber. *Scientific Journal of young scientists of FGBOU VO Orlovsky GAU*, 2019, no. 4 (17), pp. 48—52. (In Russ.)
4. Lebedev N. I., Pominova G. I. *Water transport of the forest, ed. 2-e pererabot.* Moscow, Forest industry, 1974. 304 p. (In Russ.)
5. Tsvetkov N. V., Korolev N. M., Shultz G. F. *Razvitie sovetskogo lesosplava.* Moscow, Goslesbumizdat, 1950. 168 p. (In Russ.)
6. Patent 5119529 USA, Int. CI.5 B 63 B 35/62. Cable hook, Wire Rope Industries Ltd., Pointe-Claire, Canada. No. 703,844; filed: 21.05.1991; date application 09.06.1992.
7. M. Ray Holden. Patent 3556319 USA, Int. CI. B 63 b 27/16. Log-bundling apparatus, P. O. Box 716, Ketchikan, Alaska. No. 857,247; filed: 30.06.1969; date application 19.01.1971.
8. Wilfred Spry Brodie. Patent 3971309 USA, Int. CI.2 B 63 B 27/16. Log bundling apparatus and method of bundling logs, P. O. Box 175, Gibsons, British Columbia, VON 1VO, Canada. No. 566,904; filed: 10.04.1975; date application 27.07.1976.
9. Kenneth E. Roberts and Alvin M. Roberts. Patent 3553752 USA, Int. CI.2 B 63 b 35/58. Log-bundling apparatus and method, both of 705 W. MeBryde, Montesano, Wash. No. 751,954; filed: 12.08.1968; date application 12.01.1971.
10. Toshiro Andoh. Patent 3662413 USA, Int. CI.2 B 63 b 35/00. Metal ring for fastening parts by means of ocean wave force. No. 10,354; filed: 13.04.1970; date application 16.05.1972.
11. William A. Meighan. Patent 2961671 USA, Int. CI.9-15 B 63 B 35/62. Bundle raft with quick detachable fitting. Portland, Oreg. No. 684,450; filed: 17.09.1957; date application 29.11.1960.

12. Bill E. Roberson. Patent 1724422 USA, Int. CI. B 63 B. Logging raft, of Seattle, Washington. No. 255,598; filed: 20.02.1928; date application 13.08.1929.
13. Vasiliev V. V., Aksenov I. I. Transport and technological scheme of timber supply to consumers in flat splotch units according to the principle of flat splotch unit-barge. *Science and education at the present stage of development: experience, problems and ways to solve them: materials of the international scientific and practical conference; Voronezh 24—25 November 2020*. Voronezh, FGBOU VO Voronezh GAU, 2020, pp. 30—33. (In Russ.)
14. Vasiliev V. V., Afonichev D. A. *Improved systems of raft timber alloy*. Saarbrucken (Germany), LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 284 p. (In Russ.)
15. Vasilyev V. V., Afonichev D. N., Morkovin V. A., Pozdnyakov E. V. Modern technical solutions used for the manufacture of raft units. *Through technologies of industrial production and economic security: materials of the second All-Russian scientific and practical conference; Petrozavodsk, November 11—12, 2020*. Petrozavodsk, Verso, 2020, pp. 59—63. (In Russ.)
16. Vasiliev V. V., Afonichev D. N. Analysis of devices for the manufacture of flat flat units. *Actual directions of scientific research for the effective development of the agro-industrial complex: materials of the international scientific and practical conference; Voronezh, March 27, 2020*. Voronezh, FGBOU VO Voronezhsky GAU, 2020, part I, pp. 183—190. (In Russ.)
17. Vasiliev V. V., Aksenov I. I. Analiz konstruktsii perspektivnykh ploskikh splotochnykh unitsov. *Povyshenie effektivnosti izpolzovaniya resursov pri proizvodstve sel'skoi produktsii-novye tekhnologii i tekhnika novogo geneniya dlya AIC: sbornik nauchnykh dokladov XX mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii; Tambov, 26—27 Sept. 2019*. Tambov, Izd-vo «Print Studio Galina Zolotova», 2019, pp. 188—191. (In Russ.)
18. Paponov N. N., Sushkov S. I. *Water transport of the forest: a textbook*. M-vo obrazovaniya i nauki RF, FGBOU VO «VGLTU». Voronezh, 2016. 200 p. (In Russ.)
19. Ovchinnikov M. M., Polishchuk V. P. *Polishchuk Water transport forest: textbook*. St. Petersburg, SPbGLTA, 2007. 268 p. (In Russ.)
20. Arzumanov A. A., Vasiliev V. V. Modernization of loggers' shift settlements. *Forestry engineering journal*. VGLTA. Voronezh, 2012, no. 2 (6), pp. 78—84. (In Russ.)
21. Romines A. *Constructing the Little House: Gender, Culture, and Laura Ingalls Wilder*. University of Massachusetts Press, 1971. 93 p.
22. Duncan Marshall BSc MCIOB MBEng, Derek Worthing BSc Mphil MRICS 2006. *Constructing the Little House: Gender, Culture, and Laura Ingalls Wilder*. 309 p.
23. Minter S. *Building Structures*. HMSO, 1990. 193 p.
24. Moore J. F. A. *Monitoring Building Structures*. Routledge, 1998. 168 p.
25. C. Michael Hall, Dieter K. Muller. *Tourism, Mobility & Second Homes: Between Elite Landscape and Common Ground*. Multilingual Matters, 1998. 314 p.