

его осуществления: пат. 2099553 Рос. Федерация. № 95122403/06, заявл. 26.12.95 опубл. 20.12.1997.

8. Способ газификации топлива для питания двигателя внутреннего сгорания: ас 1325173 СССР. № 4004932; заявл. 06.01.86.; опубл. 23.07.87.

9. Способ газификации топлива для питания двигателей внутреннего сгорания и установка для его осуществления: пат 2376482 РФ / В.П. Комаров, А.Н. Ульянов, Ю.Н. Шаповалов, Э.Н. Куфа, В.А. Андреев, О.В. Долгих, Е.В. Складнев. Оpubл. 20.12.2009. Бюл. № 35.

10. Пат. 2300654 РФ. Когенерационная установка с двигателем Стирлинга на местном топливе / Н.Г. Кириллов, А.В. Кириленко. Оpubл. 10.06.2007. Бюл. № 16.

11. Пат. 2021639 РФ. Газогенераторная установка / Г.Г. Колчанов, А.В. Наганов, И.А. Савушкин, В.Д. Дубровский, В.Н. Соловьев. Оpubл. 15.10.1994.

12. Пат. 2027880 РФ. Передвижная энергетическая установка / И.А. Савушкин, Г.Г. Колчанов, А.В. Наганов, В.Д. Дубровский. Оpubл. 27.01.1995.

13. Пат. 2147601 РФ. Газогенератор для твердого топлива / И.И. Лиштван, И.С. Нашкевич, А.А. Терентьев, П.Л. Фалюшин, В.А. Буслов, В.Г. Кисель, В.М. Вакунов, В.В. Коханский, С.Н. Данилевич. Оpubл. 20.04.2000.

14. Пат. 2145628 РФ. Газогенератор / В.А. Игошин, А.В. Виноградов, В.А. Игошина. Оpubл. 20.02.2000.

15. Пат. 2177975 РФ. Установка для производства древесного угля – газогенератор / В.В. Ипатов. Оpubл. 10.01.2002.

16. Пат. 2346023 РФ. Установка для пиролиза древесины / А.Н. Грачев, Т.Д. Исхаков, Р.Г. Сафин, И.А. Валеев, А.Е. Воронин. Оpubл. 10.02.2009. Бюл. № 4.

17. Пат. 2341727 РФ. Газогенератор / П.Д. Шестаков, А.А. Чекалкин, Ю.В. Соколкин, А.Л. Кислых. Оpubл. 20.12.2008. Бюл. № 35.

18. Балдин В. Ю., Гришков И. О., Рыжков А. Ф. Современные системы очистки генераторных газов мини-ТЭЦ-ДВС // Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов: сб. тр. 3 Всерос. науч.-техн. конф. с международ. участием. Благовещенск, 14-16 мая, 2003. Благовещенск, 2003. Т.2. С. 254-260.

19. Verfahren zur Reinigung von Gasen aus einem Holzvergaser und Filter hierfür: заявка 102006028293 Германия. № 102006028293; заявл. 20.06.06; опубл. 27.12.07.

20. Заявка 102004027775 Германия. Verfahren zur Reinigung von kohlenwasserstoffhaltigen Gasen / H. Matschiner, C. Kiefer. Оpubл. 05.01.2006.

21. Пат. 6485296 США. Variable moisture biomass gasification heating system and method / R.J. Bender, J.P. Tomassi, F. Asplund. Оpubл. 26.11.2002.

22. Пат. 2348860 РФ. Установка для утилизации древесных отходов на базе газогенератора / В.Д. Басаргин. Оpubл. 10.03.2009. Бюл. № 7.

УДК 630.37 630.31 629.5

А.С. Горяев*, А.Ю. Жук, А.А. Федяев

РАЗРАБОТКА НОВЫХ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ВОДОХРАНИЛИЩ

Рассмотрены вопросы по разработке нового способа очистки береговой зоны и устройств для ее осуществления. Предложены методика определения условий плавучести и алгоритм расчета максимального веса груза при работе данных устройств.

Ключевые слова: засорение береговой зоны, способ очистки, устройства для очистки, условия плавучести, максимальный вес груза.

Существует проблема засорения водных объектов и береговых зон древесной массой. В водных объектах лесной зоны России скопления затонувшей, плавающей и обсохшей древесины возникают по разным природным и антропогенным причинам и оказывают заметное негативное воздействие на водные экосистемы.

Одним из видов засорения в зоне водохранилищ являются значительные скопления древесины на береговых отмелях, появляющиеся в результате многолетних и сезонных колебаний уровня

воды, ветроволновых и ледовых явлений, а также обрушения деревьев с размываемых берегов.

Очистка берегов водохранилищ от обсохшей древесины с целью ее дальнейшей транспортировки к местам переработки на товарную продукцию является актуальной и своевременной, поскольку позволяет восстановить экологическое равновесие водных бассейнов, где ранее формировались ложа водохранилищ, и увеличить объемы древесного сырья без увеличения объемов вырубки леса [3].

* - автор, с которым следует вести переписку.

Как показывает анализ, существующая технология сбора и переработки древесины на берегах водохранилищ непроизводительна, связана с большими затратами труда и средств, не удовлетворяет возросшим требованиям охраны водных объектов и не может обеспечить очистку водохранилищ в сжатые сроки.

Целью проведенных исследований является разработка принципиально нового способа очистки береговой зоны водохранилищ и средств для его осуществления.

Как правило, любая технология сборки обсохшей древесины с береговой отмели заключается в сбросе ее на воду, транспортировке и дальнейшей переработке.

Рассмотрена канатная трелевка лесоматериалов как способ решения проблемы сбора и транспортировки древесины в обсохшем состоянии с береговой зоны водохранилищ.

Разработан способ [4] для сбора и транспортировки древесины непосредственно в акваторию озер и водохранилищ и устройства [5, 6, 7, 8], позволяющие решить данную проблему.

Известен способ трелевки лесоматериалов с помощью канатной установки, заключающийся в сборе древесины в одном пункте на суше и транспортировке ее до другого пункта на суше. Данный способ применяется в заболоченной местности, на крутых склонах, а также в местах с пересеченным рельефом, где затруднительно использование другой техники.

Известны канатные установки, служащие для перемещения грузов. Каждая канатная установка состоит из лебедки и различных устройств и приспособлений (канатов, блоков, мачт, стрел, кареток, оттяжек и др.), обеспечивающих надежное перемещение груза в заданном направлении. Особенность канатных установок заключается в возможности передачи значительного тягового усилия на сравнительно большие расстояния, иногда до 1...1.5 км. Недостатком данного способа является невозможность трелевки обсохшей и свежесрубленной древесины непосредственно в акваторию озер и водохранилищ.

Техническая задача, которую позволяет решить данный способ, – количественная и качественная очистка береговой зоны озер и водохранилищ, доставка обсохшей и свежесрубленной древесины с береговой зоны в акваторию, уменьшение времени простоя оборудования, снижение

количества задействованных машин, а также увеличение производительности сбора древесины.

Данный способ заключается в сборе древесины в одном пункте на суше и транспортировке ее до другого пункта в акватории. При этом древесина, собранная с береговой зоны, доставляется в акваторию при помощи устройства, где она собирается и формируется в пучки топлякоподъемным агрегатом или разработанным устройством для формирования пучков [9]. Устройство (рис. 3) состоит из основания, лебедки, мачты и канатно-блочной системы. На плавучее основание помещены лебедка, мачта канатной установки и часть канатно-блочной системы, оборудованной прицепным устройством, а вторая часть закреплена в береговой зоне, что обеспечивает возможность сбора древесины на берегу и доставки ее в акваторию.

Для обеспечения работы устройства оно должно быть закреплено относительно береговой зоны в некоторой точке с помощью якоря. При этом плавучее основание будет наклоняться в продольной оси относительно точки закрепления. Необходимо рассмотреть, при каких условиях и по какому принципу устройство, выведенное из положения равновесия под воздействием внешнего момента, а именно при транспортировке древесины, способно сохранять плавучесть и возвращаться в исходное положение равновесия после устранения момента, вызвавшего отклонение. Также необходимо установить, как будет определяться угол наклона плавучего основания [1].

При воздействии на плавучее основание устройства момента M , вызванного внешней нагрузкой, основание наклонится относительно точки закрепления на некоторый угол φ (рис. 2).

Воздействие внешнего момента M будет определяться только силой выталкивания P_1 от клиновидного объема увеличения подводной части вследствие дифферента на угол φ [2].

Выталкивающая сила P_1 будет приложена в центре тяжести призмы $ВСЕВ'С'E'$, который находится на расстоянии $1/3$ высоты от основания прямоугольного треугольника.

При расчете данной схемы угол наклона φ выражается по формуле:

$$\varphi = \frac{3M}{l^3 \cdot b \cdot \rho \cdot g}, \quad (1)$$

где l – длина понтона, м; b – ширина понтона, м; ρ – плотность воды, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с².

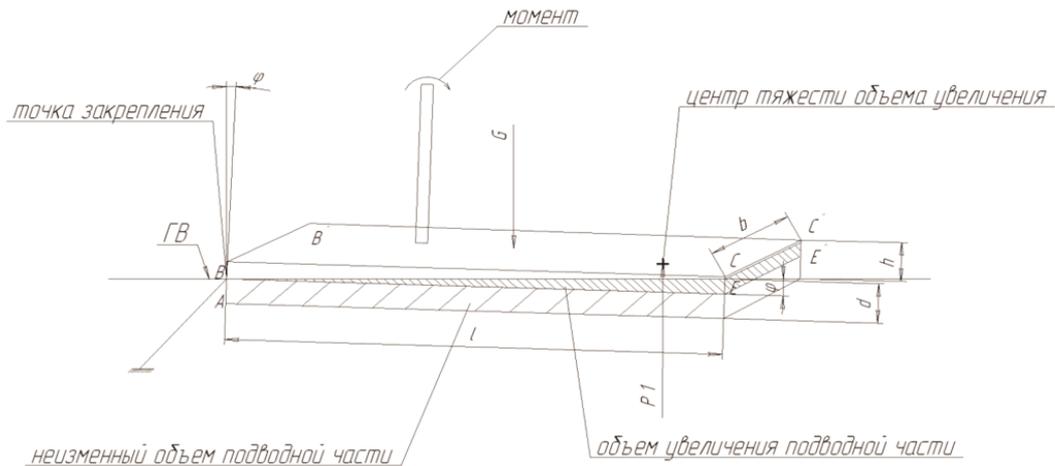


Рис. 2. Схема основания устройства под действием момента.

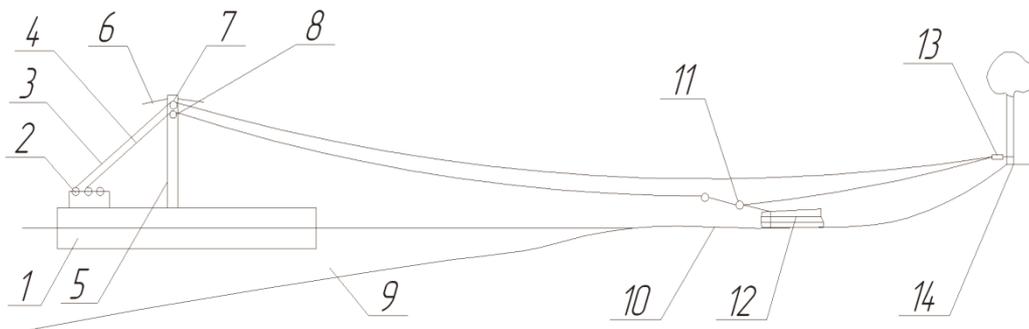


Рис. 3. Общая схема работы устройства: 1 – плавучее основание; 2 – лебедка; 3 – возвратный канат; 4 – рабочий трелевочный канат; 5 – трелевочная мачта; 6 – растяжки; 7, 8 – направляющие блоки; 9 – акватория водохранилища; 10 – береговая зона; 11 – прицепное устройство; 12 – собранная древесина; 13 – угловые направляющие блоки; 14 – вспомогательная мачта.

Для обеспечения устойчивости плавучего основания во время сбора и транспортировки груза должно выполняться условие:

$$\varphi \leq [\varphi], \quad (2)$$

где $[\varphi]$ – допускаемое значение угла наклона.

Допускаемое значение $[\varphi]$ предлагается находить по формуле:

$$[\varphi] = \frac{h-d}{l}, \quad (3)$$

где h – высота борта, м; d – осадка понтона в нагруженном состоянии, м.

Выражения (1) и (3) являются полученными формулами для определения угла наклона при воздействии на разработанное устройство внешнего момента и допускаемого значения угла наклона соответственно.

Далее показан алгоритм расчета максимального веса груза.

При транспортировке груза его вес P через натяжение каната будет передаваться на опоры канатной установки, вследствие чего в них будет

возникать изгибающий момент. Трелевочная мачта устройства расположена на плавучем основании, поэтому при воздействии момента понтон будет наклоняться на некоторый угол.

При определении максимального веса груза, транспортируемого канатной установкой, необходимо разработать порядок действий, в котором будут вестись все последующие расчеты.

Максимальное натяжение каната T_{max} ограничивается по тяговому усилию лебедки и допускаемому натяжению каната, зависящему от разрывного усилия.

Сравниваются максимальное тяговое усилие и допустимое натяжение каната, и в дальнейшие расчеты в качестве T_{max} принимается меньшее из значений.

В случае, если тяговое усилие лебедки больше допускаемого натяжения каната, необходимо предусмотреть встраиваемую в лебедку муфту предельного момента или систему автоматики, сра-

батывающую при превышении допустимого натяжения.

Для определения по заданному наибольшему натяжению каната T_{\max} потребного начального монтажного натяжения каната T_0 можно воспользоваться существующим уравнением:

$$T_0^3 - T_0^2 \left\{ T_{\max} - \frac{E_k F \left[q^2 \left(\sum_1^n l_i^3 - l_x^3 \right) + \frac{3l_x}{\cos^2 \alpha_{cp}} \left(\frac{q^2 l_x^2}{3 \cos \alpha_{cp}} + P^2 \cos \alpha_{cp} + q P l_x \right) \right]}{24 T_{\max}^2 \sum_1^n l_i} \right\} - \frac{E_k F q^2 \sum_1^n l_i^3}{24 \sum_1^n l_i} = 0, \quad (4)$$

где T_0 – начальное монтажное натяжение каната, кН; T_{\max} – максимальное натяжение каната, кН; E – модуль упругости каната, кПа; F – площадь сечения каната, м²; P – вес груза, кН; q – интенсивность нагрузки от 1 м каната, кН/м; α – средневзвешенный угол наклона хорды пролета, рад; l_i – длина i -го пролета между опорами, м; l_x – длина загруженного пролета после деформации, м.

Решая уравнение (4), находим начальное монтажное натяжение каната как функцию от груза $T_0=f(P)$.

Известно уравнение общего состояния каната для многопролетной схемы его навески (5), связывающее начальное монтажное натяжение T_0 и конечное натяжение T_{\max} при произвольном положении груза P в одном из пролетов длиной l_x .

$$T_{\max}^3 - T_{\max}^2 \left[T_0(P) - \frac{q^2 E_k F l_x^2 \sum_1^n l_i^3}{24 T_0^2(P) \sum_1^n l_i} \right] - \frac{E_k F \left[q^2 \left(\sum_1^n l_i^3 - l_x^3 \right) + \frac{12}{\cos^2 \alpha_{cp}} \left(\frac{q^2 l_x^3}{12 \cos \alpha_{cp}} + \frac{P^2 a_x b_x \cos \alpha_{cp}}{l_i} + q P a_x b_x \right) \right]}{24 T_0^2(P) \sum_1^n l_i} = 0, \quad (5)$$

где a_x – расстояние от головной мачты до груза, м; b_x – расстояние от тыловой мачты до груза, м.

Подставляя в уравнение (5) все известные величины, а также $T_0=f(P)$, решаем это уравнение относительно веса груза P_{\max} .

Для дальнейших расчетов принимаем, что реакция в опоре $R=P_{\max}$, т. к. реакцию (рис. 4) можно определить по формуле:

$$R_{\max} = \frac{P_{\max} \cdot b}{a + b} \cong P_{\max}. \quad (6)$$

Тогда момент, приложенный к опоре, будет равен:

$$M_{\text{опоры}} = P_{\max} \cdot c. \quad (7)$$

Приравняв $M_{\text{опоры}}$ к моменту дифферента M из выражения (1), определяется угол наклона φ :

$$\varphi = \frac{3 P_{\max} \cdot c}{l^3 \cdot b \cdot \rho \cdot g}. \quad (8)$$

По выведенной формуле (8) определяется угол наклона плавучего основания устройства при транспортировке древесины.

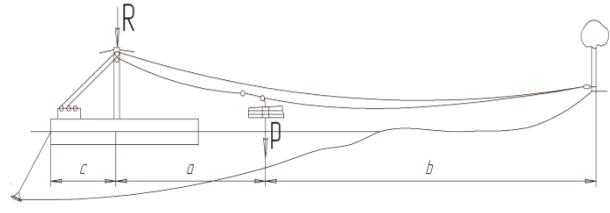


Рис. 4. Схема распределения нагрузок при транспортировке: a – расстояние от головной мачты до груза, м; b – расстояние от тыловой мачты до груза, м; c – расстояние от опоры до точки закрепления (плечо момента), м.

Далее полученный угол наклона φ сравнивается с допустимым значением $[\varphi]$, определяемым по формуле (3). После этого делается вывод о работоспособности устройства при заданных параметрах.

После доставки древесины в акваторию водохранилища ее необходимо собрать и сформировать пучки. Сделать это можно при помощи разработанного устройства для формирования пучков [8].

Устройство может быть использовано для очистки акваторий озер и водохранилищ от аварийной древесины, обработки и формирования пучков из аварийной и свежесрубленной древесины.

Известен топлякоподъемный агрегат, основанием которого служит металлический понтон. Рабочими органами агрегата являются гидромониторное устройство и поворотная платформа с краном, грейфером или манипулятором. Агрегат снабжен водометными движителями. На палубе расположены машинное отделение и силовая установка. Формирование пучка из собранной древесины осуществляется при помощи специальных сплочных машин, предназначенных для образования пучков на плаву.

Недостатком топлякоподъемного агрегата является невозможность промежуточного складирования собранной древесины на палубе в связи с отсутствием на ней грузовой площадки, сортировки и обмера древесины, закладки искусственного и/или естественного подплава, формирования пучка заданной сортности, длины и объема.

Технической задачей, решаемой разработанным устройством, является количественная и качественная очистка лож озер и водохранилищ, механизация процесса обработки и формирования пучка из аварийной и свежесрубленной древесины, уменьшение времени простоя оборудования и количества машин, участвующих в обработке древесины, а также увеличение производительности и механизации работ при сборе и обработке древесины.

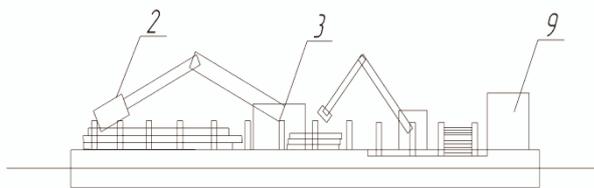


Рис. 5. Устройство для формирования пучков, вид сбоку.

Устройство состоит из плавучего основания 1, на палубе которого располагаются машинное отделение 9, приемная площадка 4, сучкорезно-раскряжевочная установка манипуляторного типа 2 с сучкорезно-раскряжевочной головкой, закрепленная на поворотной платформе, погрузочное устройство манипуляторного типа 7, закрепленное на поворотной платформе, опрокидывающиеся накопители 6, накопитель для подплава 8.

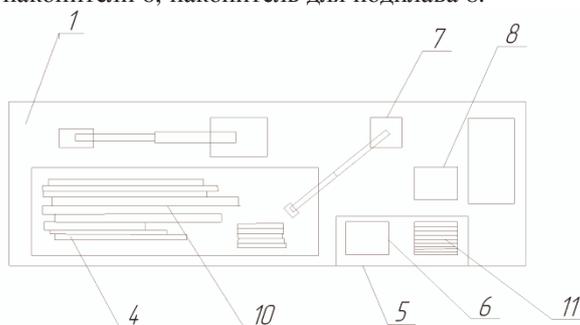


Рис. 6. Устройство для формирования пучков, вид сверху.

Собранная топлякоподъемным агрегатом аварийной или доставленная свежесрубленная древесина 10 разгружается на приемную площадку 4 и раскряжевывается сучкорезно-раскряжевочной установкой 2 на сортименты заданной длины 12. При раскряжке производится обрезка сучьев, обмер и учет собранной древесины. Далее лесоматериалы сортируются по качеству и породному составу погрузочным устройством манипуляторного типа 7 и закладываются в опрокидывающиеся накопители 6. При формировании пучка 11 из древесины с ограниченной плавучестью в него закладывается подплав из накопителя 8. После формирования пучка производится его обвязка и сброс путем опрокидывания одной из стенок накопителя.

Преимущество данной конструкции заключается в уменьшении времени простоя оборудования и количества машин, участвующих при сборе и сплотке древесины, возможности сортировки и обмера древесины, закладки искусственного

и/или естественного подплава, формирования пучка заданной сортности, длины и объема.

При использовании канатных установок для трелевки древесины с берега на судно или в акваторию необходимо учитывать дифферент судна для обеспечения безопасности технических средств и персонала.

Для этого получено аналитическое выражение для определения дифферента закрепленного якорем (заякоренного) судна, а также на базе теории расчета канатных транспортных систем разработан алгоритм расчета максимального веса транспортируемого груза с учетом дифферента судна для многопролетной канатной установки.

Литература

1. Горяев А.С. Обоснование способа сбора и транспортировки древесины в береговой зоне водохранилищ: дис. ... канд. техн. наук. Братск, 2009. 134 с.
2. Жук, А.Ю., Горяев А.С. Теоретические исследования работы устройств для сбора и транспортировки древесины с берегов // Вестн. КрасГАУ. 2010. № 5 (44). С. 99-105.
3. Иванов В.А. Обоснование технологии заготовки и направлений использования древесины затопленной в ложе водохранилищ: дис. ... канд. техн. наук. Братск, 2001. 165 с.
4. Способ доставки аварийной древесины в акваторию озер и водохранилищ и устройство для его осуществления: пат. 2394421 Рос. Федерация. № 2009104281/12; заявл. 09.02.09; опубл. 20.07.10, Бюл. № 20. 1с.
5. Устройство для сбора обсохшей аварийной древесины с механическим захватом: пат. 2394422 Рос. Федерация. № 2009104283/12; заявл. 09.02.09; опубл. 20.07.10, Бюл. № 20. 1с.
6. Устройство для сбора и доставки обсохшей аварийной древесины: пат. 83737 Рос. Федерация. № 2009107548/22; заявл. 02.03.09; опубл. 20.06.09, Бюл. № 17. 1с.
7. Устройство для сбора и древесины с береговой зоны: пат. 83759 Рос. Федерация. № 2009107546/22; заявл. 02.03.09; опубл. 20.06.09, Бюл. № 17. 1с.
8. Агрегат для сбора и транспортировки аварийной «бесхозной» древесины с берегов: пат. 83767 Рос. Федерация. № 2009107547/22; заявл. 02.03.09; опубл. 20.06.09, Бюл. № 17. 1с.
9. Устройство для формирования пучков из аварийной древесины: пат. 2399574 Рос. Федерация. № 2009105308/11; заявл. 16.02.09; опубл. 20.09.10, Бюл. № 26. 1с.