

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РОЛИКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА ДЛЯ СПУСКА ПЛОСКИХ СПЛОТОЧНЫХ ЕДИНИЦ В ВОДОЕМ JUSTIFICATION OF ROLLER CONVEYOR PARAMETERS FOR LAUNCHING FLAT COHESIVE UNITS INTO A BODY OF WATER

Васильев В.В., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I», Воронеж, Россия

Vasiliev V.V., PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

Афоничев Д.Н., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электротехники и автоматики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Воронеж, Россия

Afonichev D.N., DrSc in Technical Sciences, Professor, Head of the Electrical Engineering and Automation Department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

Аннотация. Представлены аналитические зависимости для обоснования параметров роликового транспортера, предназначенного для спуска плоских сплоточных единиц в водоем энергосберегающим способом, а именно длины, рабочей и эксплуатационной ширины, шага ролика (вращающейся единицы), диаметра ролика, диаметра оси ролика, угла наклона транспортера относительно горизонта. Приведенные аналитические зависимости учитывают параметры плоских сплоточных единиц.

Ключевые слова: плоская сплоточная единица, спуск в водоем, роликовый транспортер, ролик, длина, ширина, шаг ролика, диаметр ролика, угол наклона транспортера.

Abstract. Analytical dependences are presented to substantiate the parameters of a roller conveyor designed to lower flat cohesive units into a reservoir in an energy-saving manner, namely, length, working and operational width, roller pitch (rotating unit), roller diameter, roller axis diameter, conveyor tilt angle relative to the horizon. The above analytical dependences take into account the parameters of flat cohesive units.

Keywords: flat cohesive unit, descent into a reservoir, roller conveyor, roller, length, width, roller pitch, roller diameter, conveyor angle.

Спуск усовершенствованных плоских сплоточных единиц [1-3] в водоем является частью производственного процесса сплава круглых лесоматериалов по водным путям. Необходимость данного процесса, возникает на береговых складах [4, 5], когда изготовленные плоские сплоточные единицы спускаются в водоем для дальнейшей транспортировки самосплавом, в кошеле или в составе навигационного плота. При этом в практических условиях спуск плоских сплоточных единиц в водоем может осуществляться с помощью грузовой платформы [6] или подъемно-транспортного агрегата [7], но наиболее целесообразно

применять энергосберегающий способ спуска плоских сплоточных единиц в водоем [8], который основывается на использовании роликового транспортера.

Анализ известных роликовых транспортеров [9-12], используемых в лесном комплексе, позволил предложить роликовый транспортер [13], отличительной особенностью которого является то, что по бокам цилиндрических рифленых роликов установлены вращающиеся относительно осей конические гладкие ролики с углом наклона образующей $\alpha > \arctg \mu$, где μ – коэффициент трения скольжения материала транспортируемого предмета о материал конического гладкого ролика.

Для реализации спуска плоских сплоточных единиц в водоем требуется обоснование габаритных размеров транспортера, которые зависят от многих факторов, но основополагающими факторами являются вид плоской сплоточной единицы и ее габаритные размеры. Дальнейшее обоснование параметров роликового транспортера выполним для трех усовершенствованных плоских сплоточных единиц [1-3].

Основные параметры роликового транспортера, проектируемого для спуска плоских сплоточных единиц в водоем: длина, ширина, шаг ролика (вращающейся единицы), диаметр ролика, диаметр оси ролика, угол наклона транспортера относительно горизонта.

Длина роликового транспортера зависит от протяженности спуска плоских сплоточных единиц в водоем, угла наклона транспортера относительно зеркала водного объекта и максимальной осадки плоских сплоточных единиц, подлежащих спуску. В данном случае протяженностью спуска плоских сплоточных единиц в водоем является расстояние от места установки сплоточных единиц на транспортер до зеркала водного объекта. Длина роликового транспортера L_{PT} , предназначенного для спуска плоских сплоточных единиц в водоем, рассчитывается по формуле:

$$L_{PT} = l_{BCPT} + l_{PCPT}, \quad (1)$$

где l_{BCPT} – длина береговой секции роликового транспортера, м; l_{PCPT} – длина русловой секции роликового транспортера, м.

Длина береговой секции роликового транспортера l_{BCPT} равна протяженности спуска плоских сплоточных единиц в водоем и зависит от способа установки сплоточных единиц на транспортер, параметров транспортных средств, доставляющих сплоточные единицы, угла наклона транспортера. Длина русловой секции роликового транспортера рассчитывается по формуле:

$$l_{PCPT} = \sqrt{(T_{\max ПСЕ})^2 + \left(\frac{T_{\max ПСЕ}}{i_{PT}} \right)^2} + l_{ЗPT}; \quad i_{PT} = \tg \alpha_{PT}, \quad (2)$$

где $T_{\max ПСЕ}$ – максимальная первоначальная осадка плоских сплоточных единиц, м; i_{PT} – уклон роликового транспортера; $l_{ЗPT}$ – запас длины роликового транспортера, м; α_{PT} – угол наклона роликового транспортера относительно горизонта, град.

Запас длины роликового транспортера необходим для плавного перехода плоской сплоточной единицы из состояния движения по роликовому транспортеру в плавучее состояние, и исключения ее опрокидывания, а также минимизации ударов рядов круглых лесоматериалов или нижних поперечных прокладок о роликовый транспортер при переходе

плоской сплottedной единицы в плавучее состояние. Указанный запас равен сумме расчетного расстояния между осями роликов (вращающихся единиц) и половины диаметра конического гладкого ролика. Это обеспечивается установкой дополнительных цилиндрического рифленого ролика и конических гладких роликов в конце погруженной в воду станины, которые будут располагаться на глубине большей $T_{\max ПСЕ}$.

Рабочая ширина роликового транспортера B_{PPT} – расстояние между крайними торцами конических гладких роликов, то есть рабочая ширина роликового транспортера включает в себя длину цилиндрического рифленого ролика и конических гладких роликов

$$B_{PPT} = l_{ЦРР} + 2l_{КГЛ} = K_{ЗРТ} L_{\max ПСЕ} + 2l_{КГЛ}, \quad (3)$$

где $l_{ЦРР}$ – длина цилиндрического рифленого ролика, м; $l_{КГЛ}$ – длина конического гладкого ролика, м; $K_{ЗРТ}$ – коэффициент, характеризующий отношение ширины конвейера к ширине груза на прямолинейном участке трассы, 1,1...1,2 [9]; $L_{\max ПСЕ}$ – наибольшая длина плоских сплottedных единиц, м.

Равенство (3) справедливо для расчета рабочей ширины роликового транспортера при спуске плоской сплottedной единицы [3]. В том случае, когда планируется спуск плоских сплottedных единиц [1, 2] то рабочая ширина роликового транспортера составит

$$B_{PPT} = l_{ЦРР} + 2l_{КГЛ} = K_{ЗРТ} B_{\max ПСЕ} + 2l_{КГЛ}, \quad (4)$$

где $B_{\max ПСЕ}$ – максимальная ширина плоской сплottedной единицы, м.

В равенствах (3) и (4) показатель $K_{ЗРТ}$ принимается равным 1,1, так как согласно рекомендациям, приведенным в [9], при транспортировке грузов с большими габаритами и массой, коэффициент $K_{ЗРТ}$ следует назначать минимальным.

Эксплуатационная ширина роликового транспортера $B_{ЭРТ}$ – расстояние между внешними сторонами станины

$$B_{ЭРТ} = B_{PPT} + 2b_{СРТ} + 2l_{РРС}, \quad (5)$$

где $b_{СРТ}$ – ширина станины роликового транспортера, м; $l_{РРС}$ – расстояние между гладким роликом и станиной, м.

В практических условиях при спуске усовершенствованных плоских сплottedных единиц в водоем по роликовому транспортеру необходимо, чтобы нижние опорные ряды лесоматериалов располагались продольно.

Шаг роликов (вращающихся единиц) транспортера – это расстояние между центрами соседних осей. Так как на одной оси установлен цилиндрический рифленый ролик и два конических гладких ролика, то ось, рифленый ролик и два конических гладких ролика в совокупности являются одной вращающейся единицей. Расчет шага вращающихся единиц транспортера необходим для исключения переворачивания плоских сплottedных единиц.

При движении плоской сплottedной единицы по роликовому транспортеру ее устойчивость опрокидыванию определяется шагом вращающихся единиц, причем на величину шага вращающихся единиц влияют параметры плоской сплottedной единицы, ее масса и движущая сила [9].

Для обоснования допустимой величины шага вращающихся единиц обуславливаемся, что плоская сплottedная единица с определенными габаритными размерами $B_{ПСЕ}$ (ширина),

$L_{ПСЕ}$ (длина), $H_{ПСЕ}$ (высота) движется по наклонному роликовому транспортеру с углом наклона относительно горизонта α_{PT} (уклоном $i_{PT} = tg\alpha_{PT}$). Так как при изготовлении каждой плоской сплочной единицы преследуется цель формирования ее в виде прямоугольного параллелепипеда с равномерным распределением массы по длине, то принимаем плоскую сплочную единицу за прямоугольный параллелепипед, а центр тяжести сплочной единицы будет располагаться в центре тяжести параллелепипеда. Из-за наклонности роликового транспортера на плоскую сплочную единицу будет действовать движущая сила $F_{ДПСЕ}$, которая направлена параллельно продольной оси транспортера.

При движении плоской сплочной единицы по роликовому транспортеру, она опирается на два цилиндрических рифленых ролика вращающихся единиц в точках A и B (см. Рис. 1), от роликов на сплочную единицу действуют нормальные реакции P_A и P_B , а уравнения равновесия плоской сплочной единицы имеют вид

$$\begin{aligned} P_A + P_B - G_{ПСЕ} \cos \alpha_{PT} &= 0; \\ P_A t_{BE} - (x + t_{BE} - 0,5L_{ПСЕ}) G_{ПСЕ} \cos \alpha_{PT} - 0,5H_{ПСЕ} G_{ПСЕ} \sin \alpha_{PT} &= 0; \\ (0,5L_{ПСЕ} - x) G_{ПСЕ} \cos \alpha_{PT} - 0,5H_{ПСЕ} G_{ПСЕ} \sin \alpha_{PT} - P_B t_{BE} &= 0, \end{aligned} \quad (6)$$

где $G_{ПСЕ}$ – сила тяжести, действующая на плоскую сплочную единицу, Н; x – расстояние по нормали от переднего торца плоской сплочной единицы до вектора P_A , или свес сплочной единицы за ролик A , м; t_{BE} – шаг вращающихся единиц, м.

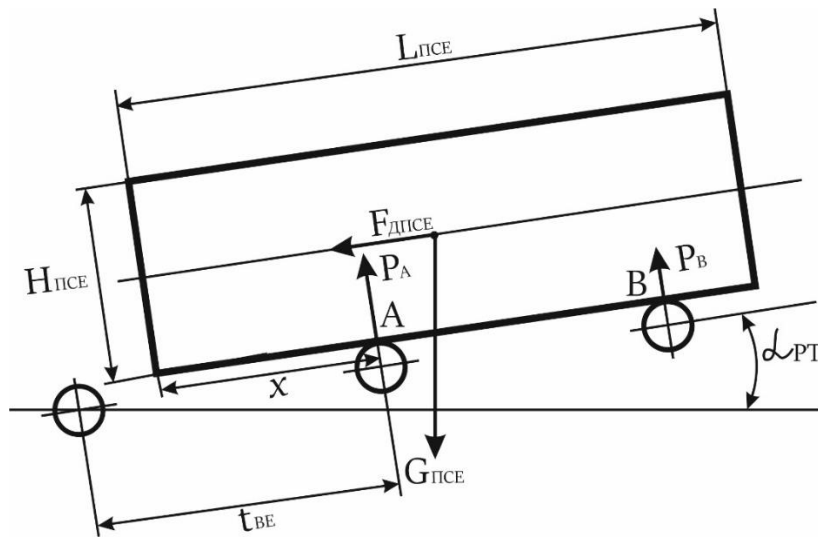


Рисунок 1 – Схема для оценки устойчивости плоской сплочной единицы опрокидыванию при движении по наклонному роликовому транспортеру

Плоская сплочная единица будет находиться в состоянии равновесия при условии, что реакция ролика B будет больше нуля, то есть $P_B > 0$, тогда из третьего уравнения системы (6):

$$\begin{aligned} P_B t_{BE} &= (0,5L_{ПСЕ} - x) G_{ПСЕ} \cos \alpha_{PT} - 0,5H_{ПСЕ} G_{ПСЕ} \sin \alpha_{PT} > 0; \\ 0,5L_{ПСЕ} - x &> 0,5H_{ПСЕ} i_{PT}; \\ x &< 0,5(L_{ПСЕ} - H_{ПСЕ} i_{PT}). \end{aligned}$$

Так как максимальный свес может составлять не более t_{BE} , то

$$t_{BE} < 0,5(L_{ПСЕ} - H_{ПСЕ}i_{PT}). \quad (7)$$

Если транспортер горизонтальный ($i_{PT} = 0$), то $t_{BE} < 0,5L_{ПСЕ}$, а значит на наклонном транспортере вращающиеся единицы должны располагаться ближе друг к другу на величину $H_{ПСЕ}i_{PT}$, причем, чем больше уклон транспортера i_{PT} , тем ближе должны находиться вращающиеся единицы.

Условие устойчивости плоской сплottedной единицы опрокидыванию при ее движении по наклонному транспортеру будет обеспечено если удерживающий момент $M_{УПСЕ}$ будет больше опрокидывающего момента $M_{ОПСЕ}$ [9, 14], то есть $M_{УПСЕ} > M_{ОПСЕ}$.

Свес x создает опрокидывающий момент относительно ролика А

$$M_{ОПСЕ} = 0,5G_{ПСЕ} \left(\frac{x^2}{L_{ПСЕ}} \cos \alpha_{PT} + H_{ПСЕ} \sin \alpha_{PT} \right). \quad (8)$$

Удерживающий момент создает часть сплottedной единицы, расположенная до ролика А и опирающаяся на ролик В, имеющая длину $L_{ПСЕ} - x$

$$M_{УПСЕ} = 0,5 \frac{G_{ПСЕ}(L_{ПСЕ} - x)^2}{L_{ПСЕ}} \cos \alpha_{PT}. \quad (9)$$

Максимально возможный свес x за ролик А равен шагу вращающихся единиц, то есть $x = t_{BE}$. С учетом этого зависимости (8) и (9) примут вид

$$M_{ОПСЕ} = 0,5G_{ПСЕ} \left(\frac{t_{BE}^2}{L_{ПСЕ}} \cos \alpha_{PT} + H_{ПСЕ} \sin \alpha_{PT} \right); \quad (10)$$

$$M_{УПСЕ} = 0,5 \frac{G_{ПСЕ}(L_{ПСЕ} - t_{BE})^2}{L_{ПСЕ}} \cos \alpha_{PT}. \quad (11)$$

Условие устойчивости опрокидыванию $M_{УПСЕ} > M_{ОПСЕ}$, тогда согласно зависимостям (10) и (11):

$$\frac{(L_{ПСЕ} - t_{BE})^2}{L_{ПСЕ}} > \frac{t_{BE}^2}{L_{ПСЕ}} + H_{ПСЕ}i_{PT}; \quad 2L_{ПСЕ}t_{BE} < L_{ПСЕ}^2 - L_{ПСЕ}H_{ПСЕ}i_{PT}; \quad t_{BE} < 0,5(L_{ПСЕ} - H_{ПСЕ}i_{PT}).$$

Отношение удерживающего момента $M_{УПСЕ}$ к опрокидывающему моменту $M_{ОПСЕ}$ называется коэффициентом устойчивости груза [9]:

$$K_y = \frac{M_{УПСЕ}}{M_{ОПСЕ}}; \quad M_{УПСЕ} = K_y M_{ОПСЕ}. \quad (12)$$

Подставим выражения (10) и (11) в формулу (12) и, выполнив преобразования, получим квадратное уравнение:

$$t_{BE}^2(1 - K_y) - 2L_{ПСЕ}t_{BE} + L_{ПСЕ}^2 - K_y L_{ПСЕ}H_{ПСЕ}i_{PT} = 0. \quad (13)$$

Решение этого уравнения следующее

$$t_{BE} = \frac{L_{ПСЕ} \pm \sqrt{K_y [L_{ПСЕ}^2 + (1 - K_y)L_{ПСЕ}H_{ПСЕ}i_{PT}]}}{1 - K_y}. \quad (14)$$

Рекомендуется $K_v = 1,5$ [9], с учетом этого и зависимости (14) можно записать

$$t_{BE} = \frac{L_{ПСЕ} \pm \sqrt{1,5[L_{ПСЕ}^2 - 0,5L_{ПСЕ}H_{ПСЕ}i_{PT}]}}{1-1,5} = -2L_{ПСЕ} \pm 2\sqrt{1,5[L_{ПСЕ}^2 - 0,5L_{ПСЕ}H_{ПСЕ}i_{PT}]}. \quad (15)$$

Так как $t_{BE} > 0$, то

$$t_{BE} = -2L_{ПСЕ} + 2\sqrt{1,5[L_{ПСЕ}^2 - 0,5L_{ПСЕ}H_{ПСЕ}i_{PT}]}. \quad (16)$$

Из формул (14), (15) и (16) видно, что шаг вращающихся единиц t_{BE} зависит от длины $L_{ПСЕ}$ и высоты $H_{ПСЕ}$ плоских сплоточных единиц, а также от уклона i_{PT} роликового транспортера. Зависимости (14), (15) и (16), а также неравенство (7) позволяют установить шаг вращающихся единиц t_{BE} , обеспечивающий устойчивость плоских сплоточных единиц опрокидыванию на наклонном роликовом транспортере.

Диаметр роликов (цилиндрических рифленых роликов и конических гладких роликов) вращающихся единиц транспортера является показателем, который обеспечивает целостность и надежность работы всей конструкции роликового транспортера. При этом диаметр рифленых роликов в большей степени зависит от шага вращающихся единиц транспортера, габаритов плоских сплоточных единиц и породы сплавляемой древесины. В свою очередь диаметр конических гладких роликов зависит от диаметров круглых лесоматериалов, укладываемых в нижнем ряду или диаметра нижних прокладок сплоточных единиц.

Параметры цилиндрических рифленых роликов устанавливаются в зависимости от максимальной нагрузки, которую они будут воспринимать при движении плоских сплоточных единиц по роликовому транспортеру. Обоснование диаметра цилиндрических рифленых роликов основывается на следующих условиях. Транспортируемая плоская сплоточная единица с габаритными размерами $B_{ПСЕ}$, $L_{ПСЕ}$, $H_{ПСЕ}$ движется по наклонному роликовому транспортеру с углом наклона относительно горизонта α_{PT} , причем $L_{ПСЕ}$ равна минимально возможной длине плоской сплоточной единицы $L_{\min ПСЕ}$, а $H_{ПСЕ}$ равна максимально возможной высоте плоской сплоточной единицы $H_{\max ПСЕ}$. Плоская сплоточная единица обладает высокой прочностью и жесткостью, с отсутствием перемещения в ней круглых лесоматериалов относительно друг друга. При этом плоская сплоточная единица имеет форму прямоугольного параллелепипеда с равномерным распределением массы по объему. Все остальные факторы, влияющие на увеличение нагрузки на цилиндрические рифленые ролики, выразим через коэффициент K_{HPP} , учитывающий влияние дополнительных нагрузок на цилиндрический рифленый ролик роликового транспортера. Таким образом, нагрузка на каждый цилиндрический рифленый ролик зависит от доли веса плоской сплоточной единицы, приходящийся на ролик, угла наклона роликового транспортера относительно горизонта α_{PT} и коэффициента K_{HPP} .

Выразим максимально возможную нагрузку P_{HPP} , которая действует на цилиндрический рифленый ролик при движении плоской сплоточной единицы по роликовому транспортеру

$$P_{HPP} = \frac{1,5t_{PT}K_{HPP}G_{ПСЕ} \cos \alpha_{PT}}{L_{\min ПСЕ}}. \quad (17)$$

В формуле (17) показатель K_{HPP} изменяется от 1,1 до 1,3. Нижний порог принимается в случае, если роликовый транспортер имеет высокую точность изготовления при соблюдении правильности его монтажа, а круглые лесоматериалы, взаимодействующие с цилиндрическими рифлеными роликами, имеют минимальный процентный показатель кривизны с условием удаления всех сучков заподлицо. Верхний порог – при условии неточного изготовления и монтажа роликового транспортера, а также, если круглые лесоматериалы, взаимодействующие с цилиндрическими рифлеными роликами, характеризуются большой кривизной и неудовлетворительной очисткой от сучьев.

На основании полученного значения P_{HPP} подбирается цилиндрический рифленый ролик с диаметром d_{PPT} и диаметром оси d_{OPPT} при соблюдении следующего условия:

$$P_{ДНPP} \geq P_{HPP}, \quad (18)$$

где $P_{ДНPP}$ – допустимая нагрузка на цилиндрический рифленый ролик, установленная производителем, Н.

Каждый конический гладкий ролик вращающейся единицы представляет собой усеченный конус, где диаметр верхнего основания $d_{ВГРТ}$ усеченного конуса равен диаметру цилиндрического рифленого ролика d_{PPT} . Диаметр нижнего основания $d_{НГРТ}$ усеченного конуса зависит от диаметров круглых лесоматериалов, укладываемых в нижнем ряду или диаметра нижних прокладок сплоточных единиц. Для обеспечения безопасной и надежной транспортировки плоских сплоточных единиц по роликовому транспортеру необходимо, чтобы при взаимодействии плоской сплоточной единицы с коническими гладкими роликами, их диаметр не позволял плоской сплоточной единице выкатываться за пределы роликового транспортера. Таким образом, диаметр нижнего основания $d_{НГРТ}$ усеченного конуса каждого конического гладкого ролика вращающейся единицы составит

$$d_{НГРТ} = d_{PPT} + 2d_{КЛГР}, \quad (19)$$

где $d_{КЛГР}$ – диаметр круглого лесоматериала, взаимодействующего с рифлеными и гладкими роликами, м.

При обосновании параметров роликового транспортера показатель $d_{КЛГР}$ принимается равным, для плоской сплоточной единицы [3], максимальному расчетному диаметру нижней прокладки в верхнем отрезе, который зависит от габаритов сплоточной единицы. Для плоских сплоточных единиц [1, 2] $d_{КЛГР}$ принимается равным максимальному диаметру круглых лесоматериалов в верхнем отрезе, укладываемых в нижнем ряду сплоточных единиц.

Учитывая приведенное обоснование диаметра круглого лесоматериала, взаимодействующего с рифлеными и гладкими роликами, определим длину конического гладкого ролика следующим образом

$$l_{КГЛ} = d_{КЛГР} \operatorname{ctg} \alpha_{КГР}, \quad (20)$$

где $\alpha_{КГР}$ – угол наклона боковой поверхности усеченного конуса относительно горизонта, град.

В процессе движения плоской сплottedной единицы по роликовому транспортеру возникает движущая сила $F_{ДПСЕ}$, определяемая зависимостью (9). Указанная сила $F_{ДПСЕ}$ обеспечивает движение плоской сплottedной единицы по роликовому транспортеру, в случае если она больше сопротивления движению плоской сплottedной единицы $F_{СПСЕ}$, то есть должно выполняться следующее условие:

$$F_{ДПСЕ} > F_{СПСЕ}. \quad (21)$$

Сопротивление движению плоской сплottedной единицы можно определить через коэффициент сопротивления b , то есть $F_{СПСЕ} = G_{ПСЕ}b$. На основании зависимости (9) запишем равенство

$$G_{ПСЕ} \sin \alpha_{PT} > G_{ПСЕ}b. \quad (22)$$

Из равенства (22) выразим общий вид формулы для расчета требуемого угла наклона роликового транспортера относительно горизонта

$$\sin \alpha_{PT} > b. \quad (23)$$

Угол наклона транспортера также определяется рельефом прибрежной территории, а поэтому в зависимости от крутизны берега следует обосновывать соотношение угла наклона транспортера и коэффициента сопротивления движению сплottedной единицы посредством моделирования процесса спуска сплottedных единиц в водоем [15].

Представленные аналитические зависимости позволяют обосновать параметры роликового транспортера, предназначенного для спуска плоских сплottedных единиц в водоем энергосберегающим способом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев, В.В. Обоснование геометрических параметров высокоэффективной плоской сплottedной единицы / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев // Resources and Technology. – 2023. – Т. 20, № 2. – С. 1-19. – DOI: 10.15393/j2.art.2023.6763.
2. Васильев, В.В. Расчет транспортно-эксплуатационных показателей усовершенствованной плоской сплottedной единицы / В.В. Васильев // Resources and Technology. – 2022. – Т. 19, № 4. – С. 1-22. – DOI: 10.15393/j2.art.2022.6365.
3. Васильев, В.В. Расчет прочности модернизированной плоской сплottedной единицы / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев // Resources and Technology. – 2023. – Т. 20, № 1. – С. 1-25. – DOI: 10.15393/j2.art.2023.6623.
4. Митрофанов, А.А. Лесосплав: новые технологии, научное и техническое обеспечение: монография / А.А. Митрофанов ; Федеральное агентство по образованию, Архангельский государственный технический университет. – Архангельск: Издательство АГТУ, 2007. – 491 с.
5. Митрофанов, А.А. Новые технологии водного транспорта леса на смену полевого сплава / А.А. Митрофанов, М.О. Соколов // Вестник МГУЛа – Лесной вестник. – 2000. – № 3. – С. 47-51.
6. Патент № 2812680 С1 Российская Федерация, МПК В60Р 3/41. Грузовая платформа : № 2023121982 : заявл. 23.08.2023 : опубл. 31.01.2024 / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, А.В. Лощенко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I.

7. Патент № 2789562 С1 Российская Федерация, МПК В66С 23/42, В60Р 1/54. Подъемно-транспортный агрегат : № 2022126607 : заявл. 12.10.2022 : опубл. 06.02.2023 / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, А.В. Лощенко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I.

8. Патент № 2803459 С1 Российская Федерация, МПК В65G 69/00. Способ спуска сплоточных единиц в водоем : № 2022133702 : заявл. 21.12.2022 : опубл. 13.09.2023 / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I.

9. Ивановский, К.Е. Роликовые и дисковые конвейеры и устройства / К.Е. Ивановский, А.Н. Раковщик, А.Н. Цоглин. – Москва: Машиностроение, 1973. – 216 с.

10. Марон, Ф.Л. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин / Ф.Л. Марон, А.В. Кузьмин. – Минск: Высшая школа, 1977. – 272 с.

11. Patrick, M. Conveyors application, selection, and integration / M. Patrick, P.E. McGuire. – CRC Press, 2010. – 182 p.

12. Залегаллер, Б.Г. Технология и оборудование лесных складов / Б.Г. Залегаллер, П.В. Ласточкин, С.П. Бойков. – Москва: Лесная промышленность, 1984. – 352 с.

13. Патент на полезную модель № 216888 U1 Российская Федерация, МПК В21В 1/00, В65G 13/00. Роликовый транспортер : № 2023100001 : заявл. 01.01.2023 : опубл. 06.03.2023 / Д.Н. Афоничев, А.Н. Беляев, В.В. Васильев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I.

14. Яблонский, А.А. Курс теоретической механики. Часть 1. Статика. Кинематика / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. – Москва: Высшая школа, 1966. – 439 с.

15. Васильев, В.В. Математическое моделирование спуска плоских сплоточных единиц в водоем по береговой секции наклонного роликового транспортера / В.В. Васильев // Актуальные проблемы энергетики АПК в современной реальности: материалы международной научно-практической конференции, посвященной основателю факультета энергетики и электрификации Валентину Васильевичу Фокину: Ижевск, 15 мая 2024 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ, 2024. – С. 81-89.

REFERENCES

1. Vasiliev, V.V. Substantiation of geometric parameters of a highly efficient flat cohesive unit / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev // Resources and Technology. – 2023. – Vol. 20, No. 2. – P. 1-19. – DOI: 10.15393/j2.art.2023.6763.

2. Vasiliev, V. V. Calculation of transport and operational parameters of an improved flat cohesive unit / V.V. Vasiliev // Resources and Technology. – 2022. – Vol. 19, No. 4. – P. 1-22. – DOI: 10.15393/j2.art.2022.6365.

3. Vasiliev, V.V. Calculation of the strength of a modernized flat split unit / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev // Resources and Technology. – 2023. – Vol. 20, No. 1. – P. 1-25. – DOI: 10.15393/j2.art.2023.6623.
4. Mitrofanov, A. A. Wood alloy: new technologies, scientific and technical support: monograph / A.A. Mitrofanov ; Federal Agency for Education, Arkhangelsk State Technical University. – Arkhangelsk: AGTU Publishing House, 2007. – 491 p.
5. Mitrofanov, A.A. New technologies of water transport of forests to replace field rafting / A. A. Mitrofanov, M. O. Sokolov // Bulletin of MGULa – Lesnoy vestnik. – 2000. – No. 3. – P. 47-51.
6. Patent No. 2812680 C1 Russian Federation, IPC B60P 3/41. Cargo platform : No. 2023121982 : declared 08.23.2023 : published 01.31.2024 / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev, A.V. Loshchenko ; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.
7. Patent No. 2789562 C1 Russian Federation, IPC B66C 23/42, B60P 1/54. Lifting and transport unit : No. 2022126607 : declared 12.10.2022 : published 06.02.2023 / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev, A.V. Loshchenko ; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.
8. Patent No. 2803459 C1 Russian Federation, IPC B65G 69/00. The method of launching cohesive units into a reservoir : No. 2022133702 : declared 12.21.2022 : published 09.13.2023 / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev ; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.
9. Ivanovsky, K.E. Roller and disc conveyors and devices / K.E. Ivanovsky, A.N. Rakovshchik, A.N. Tsoglin. – Moscow: Mashinostroenie, 1973. – 216 p.
10. Maron, F.L. Handbook of calculations of lifting and transport machinery / F.L. Maron, A.V. Kuzmin. – Minsk: Higher School, 1977. – 272 p.
11. Patrick, M. Conveyors application, selection, and integration / M. Patrick, P.E. McGuire. – CRC Press, 2010. – 182 p.
12. Zalegaller, B.G. Technology and equipment of timber warehouses / B.G. Zalegaller, P.V. Lastochkin, S.P. Boikov. – Moscow: Forest industry, 1984. – 352 p.
13. Utility Model Patent No. 216888 U1 Russian Federation, IPC B21B 1/00, B65G 13/00. Roller conveyor : No. 2023100001 : declared 01.01.2023 : published 06.03.2023 / D.N. Afonichev, A.N. Belyaev, V.V. Vasiliev ; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.
14. Yablonsky, A.A. Course of theoretical mechanics. Part 1. Static. Kinematics / A.A. Yablonsky, V.M. Nikiforova. – Moscow: Higher School, 1966 – 439 p.
15. Vasiliev, V.V. Mathematical modeling of the descent of flat cohesive units into a reservoir along the coastal section of an inclined roller conveyor / V.V. Vasiliev // Actual problems of agricultural energy in modern reality: materials of the international scientific and practical conference dedicated to the founder of the Faculty of Energy and Electrification Valentin Vasilyevich Fokin: Izhevsk, May 15, 2024. – Izhevsk: Udmurt State Agrarian University, 2024. – P. 81-89.