

Анализ технологических параметров валочно-пакетирующей машины при различных природных условиях

В.О. Мамматов, А.П. Мохирев, С.О. Медведев, А.В. Ившина

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Лесосибирск

Аннотация: В статье рассматривается вопрос эффективности производства круглых лесоматериалов в разрезе формирования высокопроизводительных комплексов лесных машин. Обосновывается проблема поиска оптимальных лесозаготовительных комплексов для конкретных природно-климатических условий. Авторы приводят определение технологического параметра, описывают технологический процесс валочно-пакетирующей машины. Представлены результаты анализа технологических параметров валочно-пакетирующей машины при различных природных условиях. Выявлены зависимости производительности валочно-пакетирующей машины от различных природно-климатических факторов. Авторами предложены информационно-логическая и математическая модели работы валочно-пакетирующей машины. Проведен детальный анализ составляющих технологического процесса валочно-пакетирующей машины. Далее предлагается формула для расчета производительности валочно-пакетирующей машины. Результаты работы представлены в виде графиков зависимостей.

Ключевые слова: валочно-пакетирующая машина, технологические параметры, технологический процесс, производительность, лесозаготовительный процесс, моделирование процессов.

Ежегодно возрастающие на 1-3 % темпы развития и потребления продукции лесопромышленного комплекса России (согласно данным Министерства промышленности и торговли России и Продовольственной и сельскохозяйственной организации объединенных наций) диктуют новые условия развития данного направления предпринимательской деятельности. Россия обладает 20% общемировых запасов лесов, однако на долю отечественного лесопромышленного комплекса приходится только 3-5% мировой торговли [1]. Учитывая прогнозы и стратегию развития по лесному сектору России и ресурсный потенциал, можно с уверенностью говорить о ежегодном увеличении объема заготовки пиловочного сырья. При лесозаготовках используются разнообразные технологии и техника. Нельзя говорить об эффективности производства круглых лесоматериалов без формирования комплексов высокопроизводительной многооперационной

техники и установления технологических параметров этих машин, влияющих на их производительность.

Для того чтобы провести анализ, необходимо установить, что такое технологические параметры и какими они бывают.

Технологические параметры – это физико-химические величины, характеризующие состояние технологического процесса в объекте управления [2, 3].

Параметры технологического процесса можно условно разделить на три группы:

- частные параметры, позволяющие сопоставлять технологические процессы, выпускающие одну и ту же продукцию и использующие одну и ту же технологию. К частным параметрам в нашем случае относятся: состав и концентрация исходного сырья, особенности используемого оборудования и инструментов, режимы проведения процесса (температура, давление) и т.д. В данной работе будут рассмотрены именно частные параметры, так как анализируется валочно-пакетирующая машина и зависимость ее производительности от различных природных условий [2];

- единичные параметры, позволяющие сравнивать технологические процессы, выпускающие одну и ту же продукцию, но использующие разную технологию. К единичным параметрам относят ресурсные параметры (материалоемкость, трудоемкость, энергоемкость, капиталоемкость), а также такой интегральный показатель, как себестоимость, который выражает фактические затраты ресурсов в денежном выражении на производство и реализацию продукции, например на метр кубический заготовленного пиловочника [3];

- обобщенные параметры, которые позволяют сравнивать разнообразные технологические процессы. К ним относят в первую очередь удельные, т.е. приходящиеся на единицу продукции, рассчитанные в

денежном выражении затраты живого (человеческого) труда и прошлого (вещественного) машинного труда [4].

Валочно-пакетирующая машина является начальным звеном (базовой машиной) в группе машин, предназначенных для выполнения лесосечных работ посредством комплексной механизации, то есть при отсутствии использования ручного труда. Обычно данную группу составляют: валочно-пакетирующая машина, трелевочный трактор пачкоподборщик и самоходная сучкорезно-раскряжевочная машина.

В мировой практике существует множество методов заготовки пиловочного сырья (по некоторым данным, около 40). Главные цели, которые преследуют производители лесозаготовительной техники, это механизация всех этапов заготовительного процесса, повышение безопасности проведения работ, сокращение количества рабочих рук и увеличение производительности [6].

Начальным процессом заготовки лесоматериалов является валка и подготовка к трелевке. В этот этап входят: отделение общей массы дерева от его пня, непосредственно валка дерева на землю, а также удаление верхушки, сучьев и ветвей. Эти операции считаются наиболее опасными в общем процессе лесозаготовок. Поэтому механизированный способ проведения данных работ считается во всем мире самым приемлемым. Именно для этих целей и разработана валочно-пакетирующая машина. Разрабатывая ленту, она движется от одной погрузочной площадки к другой, срезая деревья по бокам и впереди себя и укладывая их в пачки, направляя комли деревьев в сторону площадки, с которой и будет производиться их трелевка.

Модельный ряд валочно-пакетирующих машин имеет технические отличия на основе предназначения к тем или иным условиям работы. Машины могут отличаться мощностью, тяговым усилием, рабочими объемами, показателями давления на грунт, характеристиками стрелы и т.д.

При выборе марки валочно-пакетирующей машины основополагающее значение имеют такие параметры, как: цели лесозаготовительных работ, диаметр дерева на высоте груди, рельеф и уклон местности, тип грунта, высота снежного покрова, критические показатели температур [9].

Актуальность использования валочно-пакетирующих машин определяется, во-первых, объемом производства, во-вторых, видом конечного продукта, в-третьих, размерными характеристиками леса.

Как показывает практика, в России наибольшим спросом пользуются валочно-пакетирующие машины гусеничного типа. Обусловлено это их высокой проходимостью и принципиальным подходом к концепции лесозаготовки. Безусловно, у колесных машин скорость передвижения значительно выше и отсутствует необходимость использования трала для перемещения с одной лесосеки на другую (при условии, что расстояние между лесосеками настолько велико, что машина своим ходом потратит больше, чем при использовании трала). Но если почва мягкая, то работа колесной техники в таких условиях сопряжена с некоторыми трудностями. В этом ключе при выборе техники важно учитывать климат и качество грунта [5].

Главным преимуществом российской техники остается цена. Отечественные валочно-пакетирующие машины примерно в 4 раза дешевле зарубежных моделей. Однако, несмотря на существенную разницу в стоимости, потребитель сегодня склонен отдавать предпочтение импортным машинам. Такое положение дел отнюдь не прихоть, а суровая реальность. И пока номенклатура предлагаемых моделей остается ограниченной и далеко не всегда отвечает требованиям современности, доля присутствия отечественной техники на рынке не увеличится.

Чтобы определить зависимость технологических параметров от различных природных условий, необходимо составить информационно-

логическую и математическую модели работы валочно-пакетирующей машины. Далее на их основе строятся графики зависимости технологических параметров от различных природных условий [7].

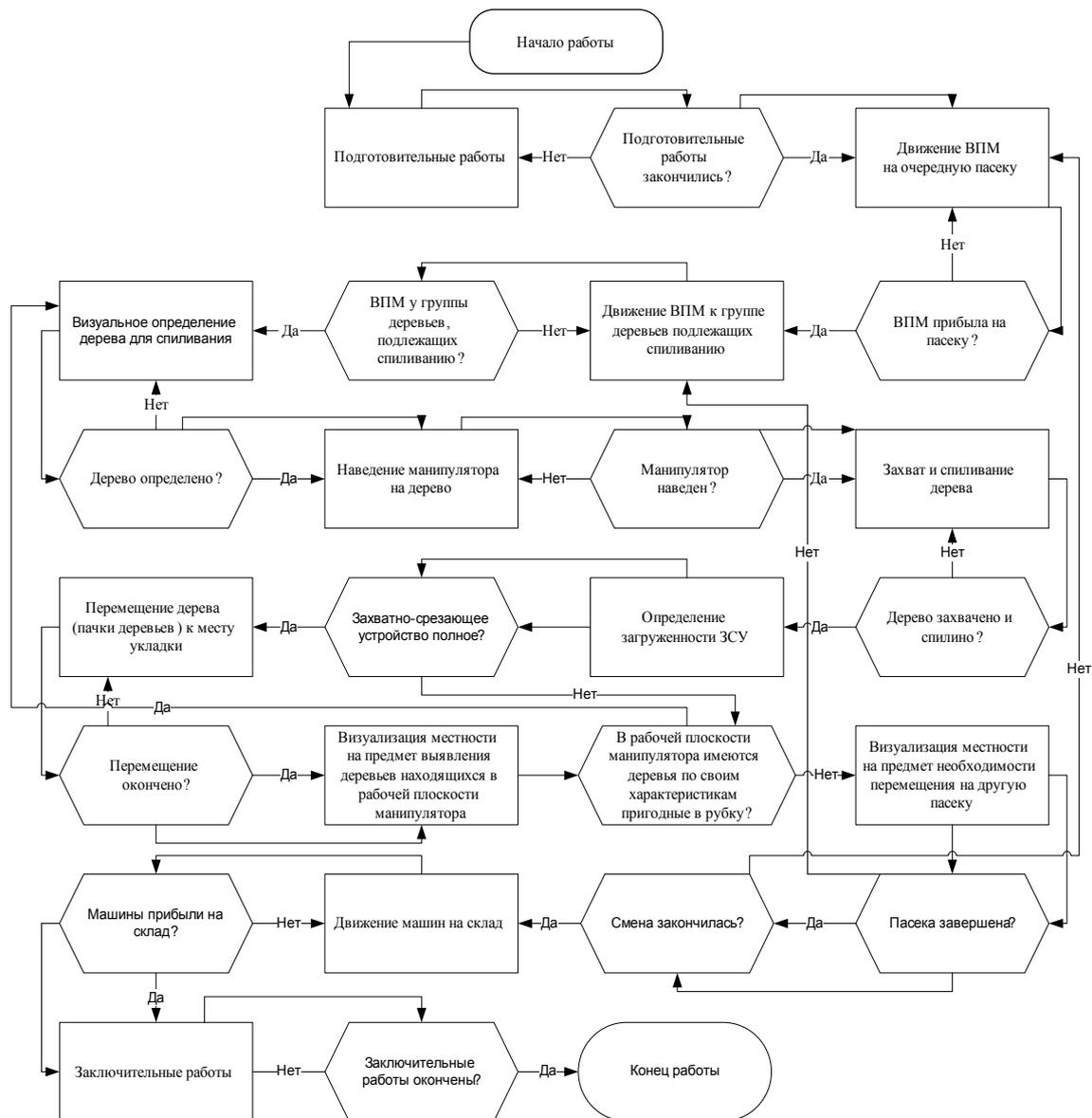


Рис. 1. - Информационно-логическая модель работы валочно-пакетирующей машины

На рис. 1 представлена информационно-логическая модель работы валочно-пакетирующей машины.

На основании информационно-логической модели составлена математическая модель функционирования валочно-пакетирующей машины,

представленная на рис. 2. Число блоков математической модели равно числу блоков информационно-логической модели. Для ее создания выполняется символизация параметров: в прямоугольниках находится время исполнения основной операции, в шестиугольниках отражены состояния перехода системы на новый уровень

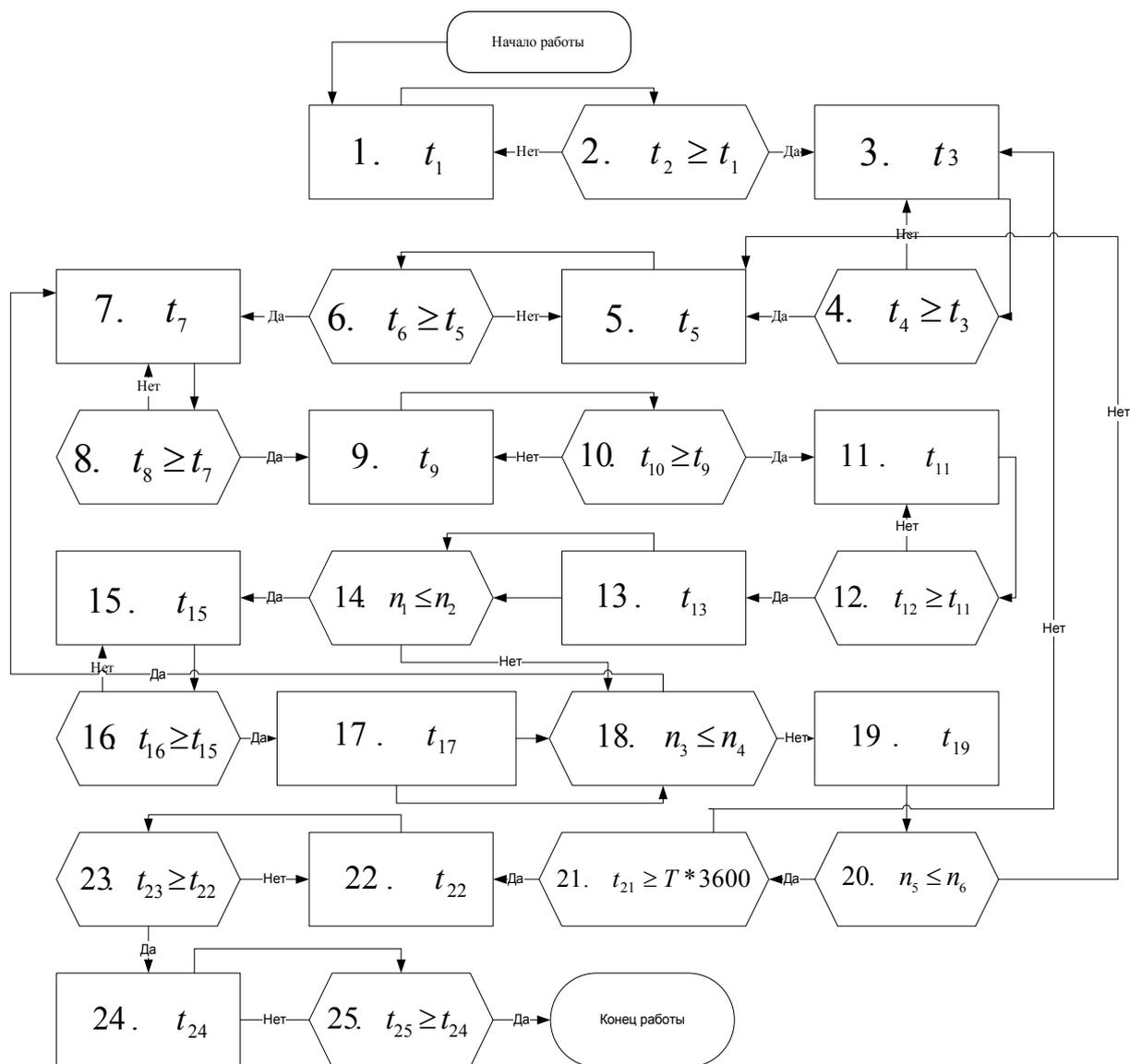


Рис. 2. – Математическая модель работы валочно-пакетирующей машины

На основе математической модели выведем компоненты формулы производительности валочно-пакетирующей машины:

1) время на подготовительные работы:

$$t_1 = t_{3m} + t_{3m} + t_{3ц} + t_{ко},$$

где t_1 - время на подготовительные работы; t_{3m} - время заправки топлива, сек.; t_{3m} - время на заправку масла, сек.; $t_{3ц}$ - время замены цепи (одна цепь рассчитана на заготовку 1000 м³ древесины). При использовании в ЗСУ (захватно-срезающее устройство) пильного инструмента в виде пильного диска данное время не учитывается, сек.; $t_{ко}$ - время на компрессионный обдув оборудования, сек.

2) время на движение валочно-пакетирующей машины на лесосеку:

$$t_3 = \frac{l_{срл}}{S_{дм}},$$

где t_3 - время на движение валочно-пакетирующей машины на лесосеку (при стоянке вахтового поселка непосредственно на лесосеке данное время не учитывается); $l_{срл}$ - среднее расстояние до лесосеки, м.; $S_{дм}$ - средняя скорость движения машины, км/ч.

3) время на движение валочно-пакетирующей машины к группе деревьев подлежащих спиливанию:

$$t_5 = \frac{l_{сргд}}{S_{дм}},$$

где t_5 - время на движение валочно-пакетирующей машины к группе деревьев подлежащих спиливанию; $l_{сргд}$ - среднее расстояние до группы деревьев подлежащих спиливанию, м.; $S_{дм}$ - средняя скорость движения машины, м/с.

$$l_{сргд} = (k_1 a + k_2 b) k_0,$$

где k_1 и k_2 - коэффициенты в зависимости от схемы расположения волоков ($k_1 = 0,5$, $k_2 = 0,25$); a - ширина лесосеки, м.; b - длина лесосеки, м.; k_0 - коэффициент зависящий от рельефа местности и др. условий ($k_0 = 1,1..1,4$).

4) время на визуальное определение дерева для спиливания: $t_7 = 1...2$ сек,

где t_7 - время на визуальное определение дерева для спиливания.



5) время на наведение стрелы ЗСУ на дерево подлежащее спиливанию:

$$t_9 = \frac{(t_{mo} \cdot t_{mn} \cdot t_{pz}) \cdot k_3}{V_x},$$

где t_9 - время на наведение стрелы ЗСУ на дерево подлежащее спиливанию, сек; t_{mo} - время на приведение технологического оборудования в транспортное положение, сек; t_{pz} - время раскрытия захвата, сек ($t_{pz} = 6...9$ сек); k_3 - коэффициент учитывающий увеличение времени за счет включений, разгонов и торможений ($k_3 = 1,3...1,5$)

$$t_{mo} = \frac{2 \cdot l_\partial}{S_0},$$

где l_∂ - средний путь подачи ЗСУ к дереву, м; S_0 - средняя скорость подачи ЗСУ к дереву подлежащему спиливанию, м/сек; t_{mn} - время поворота платформы к месту работы.

$$t_{mn} = \frac{2 \cdot \omega_{cp}}{\omega_m \cdot V_x},$$

где ω_{cp} - средний угол поворота ЗСУ от места укладки к месту спиливания дерева, рад ($\omega_{cp} = 100$); ω_m - угловая скорость поворота платформы, ($\omega_m = 0,67 \text{ с}^{-1}$); V_x - средний объем хлыста, м³.

6) время на захват и спиливание дерева:

$$t_{11} = t_{зд} + t_{сд},$$

где t_{11} - время захвата и спиливания дерева; $t_{зд}$ - время на захват дерева ЗСУ, сек ($t_{зд} = 2...5$ сек); $t_{сд}$ - время на спиливание дерева, сек.

$$t_{сд} = \frac{\pi \cdot d_{среза}^2}{4 \cdot \Pi_{чп} \cdot \varphi_{чп}},$$

где $d_{среза}$ - диаметр дерева в месте пропила, м; $\Pi_{чп}$ - производительность чистого пиления, м²/сек ($\Pi_{чп} = 100$ м²/сек); $\varphi_{чп}$ - коэффициент использования производительности чистого пиления ($\varphi_{чп} = 0,7...0,8$).

7) время на определение загруженности ЗСУ: $t_{13} = 1...3$ сек

где t_{13} - время определения загруженности ЗСУ.

8) время на поворот платформы к месту укладки дерева:

$$t_{15} = \frac{(t_{mo} \cdot t_{mn} \cdot t_{pz}) \cdot k_3}{V_x},$$

где t_{15} - время на поворот платформы к месту укладки дерева(ев); t_{mo} - время на приведение технологического оборудования в транспортное положение, сек; t_{mn} - время поворота платформы к месту укладки; k_3 - коэффициент учитывающий увеличение времени за счет включений, разгонов и торможений ($k_3 = 1,3...1,5$).

$$t_{mo} = \frac{2 \cdot l_{\Delta}}{S_0},$$

где l_{Δ} - средний путь подачи ЗСУ к дереву, м; S_0 - средняя скорость подачи ЗСУ к дереву подлежащему спиливанию, м/сек.

$$t_{mn} = \frac{2 \cdot \omega_{ср}}{\omega_{\mu} \cdot V_x},$$

где $\omega_{ср}$ - средний угол поворота ЗСУ от места укладки к месту спиливания дерева, рад ($\omega_{ср} = 100$); ω_{μ} - угловая скорость поворота платформы, ($\omega_{\mu} = 0,67$ с⁻¹); V_x - средний объем хлыста, м³; t_{pz} - время раскрытия захвата, сек ($t_{pz} = 6...9$ сек).

9) время на визуализацию местности на предмет наличия деревьев назначенных в рубку в рабочей зоне захватно-срезающего устройства: $t_{17} = 1..3$ сек,

где t_{17} - время визуализации местности на предмет наличия деревьев, назначенных в рубку в рабочей зоне ЗСУ.

10) время на визуализацию местности на предмет необходимости перемещения на другую пасеку: $t_{19} = 1..3$ сек,

где t_{19} - время на визуализацию местности на предмет необходимости перемещения на другую пасеку.

11) время на движение машины от места лесозаготовительных работ до вахтового поселка*

* - при наличии стационарного вахтового поселения доставка смены осуществляется вахтовыми машинами без необходимости перемещения ВПМ от места проведения лесозаготовительных работ

$$t_{22} = \frac{l_{срл}}{S_{дм}}$$

где t_{22} - время на движение машины от места лесозаготовительных работ до вахтового поселка; $l_{срл}$ - среднее расстояние до лесосеки, м; $S_{дм}$ - средняя скорость движения машины, км/ч.

12) время на проведение заключительных работ*:

* - в данной категории учитывается время на техническое обслуживание машины включая замену гидравлического масла, при использовании антифриза учитывается время на его замену,

$$t_{24} = t_{зм} + t_{за}$$

где t_{24} - время на проведение заключительных работ; $t_{зм}$ - время на замену гидравлического масла; $t_{за}$ - время на замену антифриза.

Чтобы оценить, какое влияние оказывают природные условия на такой технический параметр как время, необходимо провести эксперимент. В

нашем случае рассмотрим время t_5 (время на движение машины к группе деревьев подлежащих спиливанию) и t_{11} (время на захват и спиливание дерева). На приведенных ниже графиках видно, что в случае с временем t_5 (время на движение машины к группе деревьев подлежащих спиливанию) при увеличении коэффициента влияния рельефа происходит увеличение времени затрачиваемое на данную операцию, а в случае с временем t_{11} (время на захват и спиливание дерева) время на захват и спиливание дерева увеличивается пропорционально увеличению диаметра дерева в месте пропила.

Таким образом учитывая вышеизложенное можно с уверенностью говорить об увеличении времени затрачиваемого валочно-пакетирующей машиной на выполнение операций связанных с природными условиями в местах проведения работ.

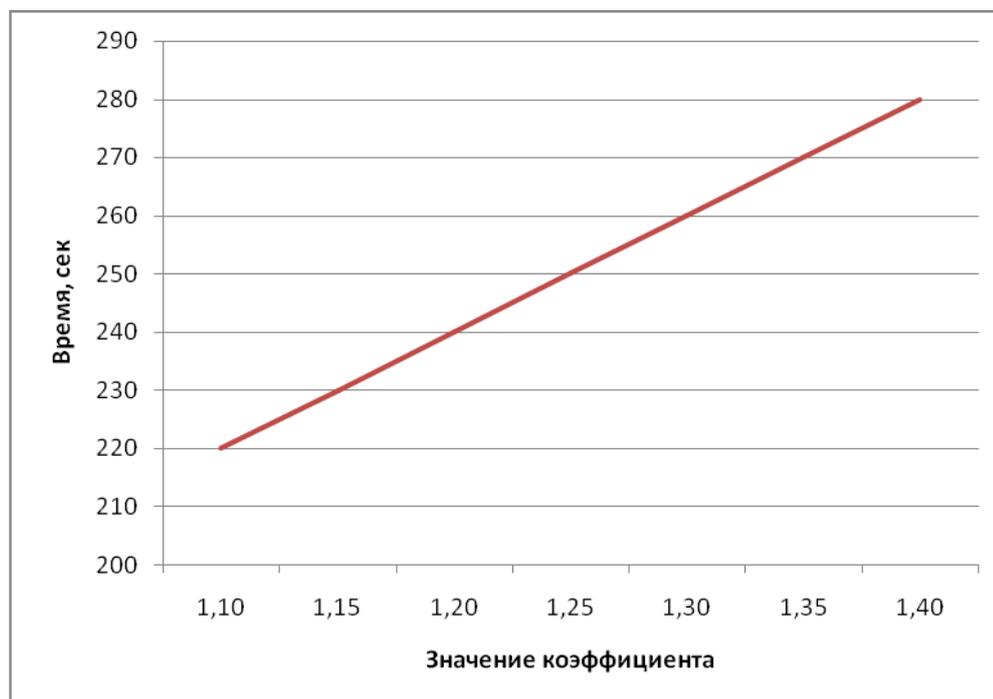


Рис. 3. – График зависимости времени на движение машины к группе деревьев, подлежащих спиливанию, от рельефа местности



Рис. 4. – График зависимости времени на захват и спиливание дерева от диаметра дерева в месте пропила

Исследование выполнено при поддержке Красноярского краевого фонда науки в рамках прохождения стажировки: «Формирование эффективной системы лесозаготовительных машин на предприятиях лесопромышленного комплекса».

Литература

1. Совершенствование технологического процесса лесозаготовок в условиях Красноярского края / Мохирев А.П., Мамматов В.О., Медведев С.О., Позднякова М.О., Красноярск: ООО РПБ «Амальгама», 2017. 168 с.
2. Мохирев А.П., Аксенов Н.В., Позднякова М.О. Сравнительный анализ доступности лесных ресурсов лесозаготовительных предприятий // Инженерный вестник Дона. 2017. №1. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_16_Mokhirev_Aksenov_Pozdnyakova.pdf_60682d9ad0.pdf.
3. Мохирев А.П., Мамматов В.О. Методика формирования системы лесозаготовительных машин // Лесотехнический журнал. 2017. №1(25). С. 111-117.

4. Мохирев А.П. Методика выбора лесозаготовительных машин под природно-климатические условия // Лесотехнический журнал. 2016. №6. С. 208-215.
5. Мохирев А.П., Мамматов В.О. Модель технологического процесса работы форвардера // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. №9-3 (20-3). С. 328-332.
6. Мохирев А.П., Мамматов В.О., Уразаев А.П. Моделирование технологического процесса работы лесозаготовительных машин // Международные научные исследования. 2015. №3 (24). С. 72-74.
7. Mokhirev A.P., Aksenov N.V. Classification of technological processes of logging // Инженерный вестник Дона, 2016. - №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3668.
8. Pryadko A.Y., Kamusin A.A. Transport harvesting timber from areas of sparsely wooded by road trains // Forest complex today, view of young researchers: forest industry and engineering, landscape architecture, woodworking technology, management and economics. Saint-Louis: Publishing House Science And Innovation Center, Ltd., 2017. pp. 5-7.
9. Казаков Н.В., Абузов А.В. Автоматизированные системы управления процессами промышленного лесопользования // Инженерный вестник Дона. 2014. №2. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2426.
10. Tan J. M. Planning a forest road network by a spatial data handling-network routing system // Acta Forestalia Gennika. 1992. № 227. p. 85.

References

1. Sovershenstvovanie tekhnologicheskogo processa lesozagotovok v usloviyah Krasnoyarskogo kraya [Improvement of the logging process in the Krasnoyarsk Territory] Mokhirev A.P., Mammatov V.O., Medvedev S.O., Pozdnyakova M.O. Krasnoyarsk: OOO RPB «Amal'gama», 2017. 168 p.
-



2. Mohirev A.P., Aksenov N.V., Pozdnyakova M.O. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №1. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_16_Mokhirev_Aksenov_Pozdnyakova.pdf_60682d9ad0.pdf.
3. Mokhirev A.P., Mammatov V.O. Lesotekhnicheskij zhurnal. 2017. №1 (25). pp. 111-117.
4. Mokhirev A.P. Lesotekhnicheskij zhurnal. 2016. №6. pp. 208-215.
5. Mokhirev A.P., Mammatov V.O. Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovanij XXI veka: teoriya i praktika (Proc. Actual directions of scientific research of the 21st century: theory and practice). Voronez, 2015, pp. 328-332.
6. Mohirev A.P., Mammatov V.O., Urazaev A.P. Mezhdunarodnye nauchnye issledovaniya. 2015. №3 (24). pp. 72-74.
7. Mokhirev A.P., Aksenov N.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3668.
8. Pryadko A.Y., Kamusin A.A. Forest complex today, view of young researchers: forest industry and engineering, landscape architecture, woodworking technology, management and economics. Saint-Louis: Publishing House Science And Innovation Center, Ltd., 2017. pp. 5-7.
9. Kazakov N.V., Abuzov A.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2426.
10. Tan J. M. Acta Forestalia Gennika. 1992. No 227. p. 85.