

Исследование финансируется Комитетом по науке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP23486411).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Identifying the Influence of the System and Mode Characteristics on the Power Loss Mode Based in 110 kV Power Grids / T. Akimzhanov, Y. Sarsikeev, A. Zhantlessova, A. Mekhtiyev, Y. Neshina, Z. Issabekov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2023. – V. 6(8–126). – P. 6–14.
2. Instrumental Research on the Voltage Harmonic Distortion Coefficient in the Modern 110 kV Urban Electric Network / A. Zhantlessova, S. Zhumazhanov, T. Akimzhanov, A.D. Mekhtiyev, Y.G. Neshina, Z. Issabekov // International Journal on Energy Conversion. – 2023. – V. 11(2). – P. 56–63.
3. Protection of a two-cable line from single phase-to-earth fault with absolute selectivity / Z.B. Issabekov A.N. Novozhilov, T.A. Novozhilov, B.B. Issabekova // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. – 2018. – V. 5(431). – P. 128–132
4. Method to protect lines of two cables from single phase-to-earth fault/ A. Novozhilov, Zh. Issabekov T. Novozhilov // 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM. – 2016. – P. 7911418.
5. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учеб. для вузов по спец. «Электроснабжение». – Москва: Высш. шк., 1991. – 496 с.
6. Боровиков В.А., Косарев В.К., Ходот Г.А. Электрические сети энергетических систем: учебник для техникумов. – Л.: Энергия, 1977. – 393 с.
7. Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем: учеб. для вузов. – Москва: Энергия, 1976. – 560 с.
8. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 января 2013 г. – М. : КНОРУС, 2013. – 488 с.
9. Корогодский В.И., Кужеков С.Л., Паперно Л.Б. Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1 кВ. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 248 с.
10. Берман И., Крипски А., Скалка М. Защита мощных генераторов, работающих в блоке с трансформаторами, от замыканий на землю в обмотке статора // Релейная защита и противоаварийная автоматика: междунар. конф. по большим электрическим системам (СИГРЭ-72) / под ред. В.М. Ермоленко, Е.Д. Зейлидзона, А.М. Федосеева. – М. : Энергия, 1975. – С. 19–26.
11. Кулаковский В.Б. Профилактические испытания и дефекты изоляции крупных электрических машин. – Москва : Энергия, 1970. – 184 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ЛЕНТЫ ТРАНСПОРТЕРА

Н.Д. Сарбасова¹, В.С. Майстров²

¹ *Торайгыров университет, Факультет компьютерных наук*

² *Томский политехнический университет, ИШЭ, ОЭЭ, группа 5А17*

Научный руководитель: Н.Д. Сарбасова, Торайгыров университет,
Факультет компьютерных наук

Сортировка круглого леса на современных лесных складах – один из основных видов работ, при этом наиболее широко используются транспортеры [1]. Важнейшим источником роста эффективности производства на деревообрабатывающих предприятиях является постоянное повышение технического уровня и внедрение средств автоматизации, а практической реализацией этих систем являются надежные измерительные приборы [2]. Рациональное и более полное использование лесного потенциала, полное удовлетворение потребностей внутреннего и внешнего рынков в конкурентоспособной лесной продукции невозможно без постоянного совершенствования технологических процессов и систем машин, обеспечивающих более эффективную переработку древесины с меньшими затратами трудовых и энергетических ресурсов [3].

В современном мире анализ информации является чрезвычайно важной задачей и фактором успеха для многих промышленных компаний. Методы исследования включают моделирование функционирования машинных систем, сравнительный анализ и моделирование по-

казателей эффективности лесозаготовок в ассортиментной технологии, системный подход, а также абстрактно-логические методы обоснования рекомендаций по выбору технологических вариантов. Проблема повышения доступности древесных ресурсов решается путем определения оптимальных маршрутов доставки и рассредоточения лесозаготовителей по территории. Под последним понимается не только экономический, но и транспортный, так и экологический аспекты [4–6].

При сортировке бревен на продольных цепных конвейерах значительной длины возникает ошибка при перемещении отобранного сортимента круглого леса к месту выгрузки в накопитель, которая увеличивается пропорционально длине сортировочной линии. В настоящее время используются конвейеры ограниченной длины. В работе предложено описание математической модели конвейерной ленты транспортера с устройством управления сортировкой бревен на продольных цепных конвейерах большой нестандартной длины, что позволяет снизить погрешность отслеживания движения сортиментов леса вдоль конвейера [7].

Математическая модель движения ленты транспортера составлена на основе расчетной схемы движения транспортера для перемещения сортимента круглого леса, состоящей из системы нескольких масс. Эти элементы соединены между собой упругими связями с учетом инерционных элементов, всех связей между ними и сил, действующих на эти массы.

Полученная математическая модель, возникающие процессы в динамике описываются уравнениями в частных производных.

Расчетная схема конвейерной ленты рассматриваемого транспортера составлена методом кусочно-линейной аппроксимации распределения массы цепи транспортера.

Для рассматриваемого объекта исследования масса грузовой части транспортера представлена 4-мя сосредоточенными массами m_1, m_2, m_3, m_4 , при этом m_4 – это масса ненагруженной или порожней части ленты транспортера. m_5 – масса натяжного устройства.

Расчетная схема модели движения ленты транспортера представлена на рис. 1.

M_1 – привод ведомого барабана, M_{ny} – привод устройства натяжения (НУ) в конечной части транспортера.

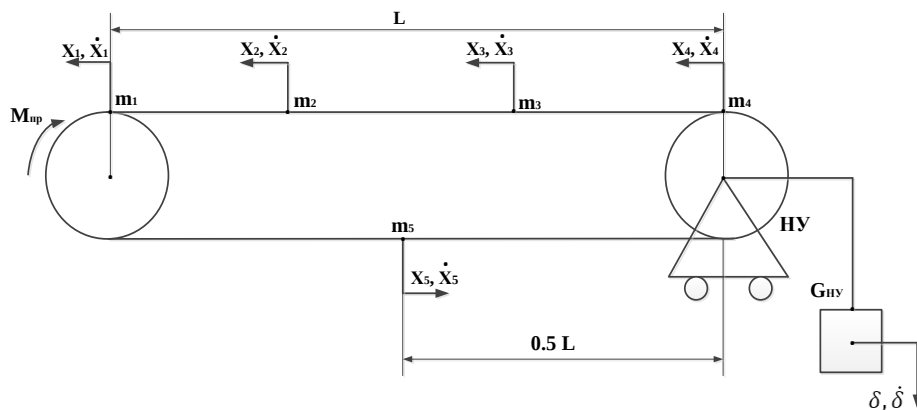


Рис. 1. Расчетная схема транспортера с пятью сосредоточенными массами

$S_i(t)$, $\dot{S}_i(t)$, $i=\overline{1,6}$ – это перемещение и скорость соответствующей массы, которые приняты в качестве переменных координат для расчетной схемы.

Метод Лагранжа второго рода был принят за основу для описания математической модели ленты транспортера для поставленной задачи. $x_i(t) = S_i(t)$, $\dot{x}(t) = \dot{S}_i(t)$, $i = \overline{1,6}$ – обобщенные координаты перемещения и скорости перемещения сосредоточенных масс.

Кинетическая энергия представлена функцией обобщенных скоростей.

Метод Лагранжа был использован с применением следующих уравнений

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial}{\partial \dot{x}_i} T(\dot{x}_i) \right) + \frac{\partial}{\partial x_i} \Pi(x_i) + \frac{\partial}{\partial x_i} A(x_i) = 0, \quad i = \overline{1, 6}, \quad (1)$$

где $T(x_i)$ – кинетическая энергия i -го участка; $\Pi(x_i)$ – потенциальная энергия этого участка; $A(x_i)$ – работа внешних сил на этом участке.

Кинетическая энергия ленты транспортера и груза, равномерно распределенного на соответствующем участке между точками i и j , представлена выражением

$$T(\dot{x}_i, \dot{x}_j) = \frac{G_{ij} l_{ij}}{6g} (\dot{x}_i^2 + \dot{x}_i \dot{x}_j + \dot{x}_j^2). \quad (2)$$

Потенциальная энергия ij участка длиной l_{ij} складывается из энергии упругих деформаций и потенциальной энергии замкнутого контура ленты с распределенной массой

$$\Pi(x_i, x_j) = c_{ij} \frac{(x_i - x_j)^2}{2} + G_{ij} \frac{x_i + x_j}{2} \sin \beta, \quad (3)$$

где c_{ij} – жесткость участка; β – угол наклона конвейера к горизонту, в нашем случае $\beta=0$, поэтому $\Pi(x_i, x_j) = c_{ij} \frac{(x_i - x_j)^2}{2}$.

Введя обозначения $\frac{G_l l}{6g} = m_l$, $\frac{G_n l}{6g} = m_n$, $\frac{G_{np} l_{np}}{6g} = m_{np}$, получим математическую модель ленты транспортера, представляющую собой систему из шести нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка:

$$\begin{aligned} 1. \quad & m_e (2\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2) + m_m (2\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2) + m_{np} \ddot{x}_1 + C(2x_1 - x_2 - x_5) + \\ & + \frac{1}{2} (G_e l + G_n l_{np}) w \operatorname{sgn} \dot{x}_1 + \eta (2x_1 - x_2 - x_5) = \frac{M_{np}}{R_\sigma} \operatorname{sgn}(\dot{x}_{c1} - \dot{x}_1); \\ 2. \quad & m_e (4\ddot{x}_2 + \ddot{x}_1 + \ddot{x}_3) + C(2x_2 - x_1 - x_3) + \frac{1}{16} (2x_3 + x_2 - 2x_4 - 4x_6) C_\kappa + \\ & + G_e l w \operatorname{sgn} \dot{x}_2 + \eta (2\dot{x}_2 - \dot{x}_3 - \dot{x}_1) \eta = 0; \\ 3. \quad & m_e (4\ddot{x}_3 + \ddot{x}_2 + \ddot{x}_4) + C(2x_3 - x_1 - x_4) + \frac{1}{8} (2x_3 + x_2 - 2x_4 - 4x_6) C_\kappa + \\ & + G_e l w \operatorname{sgn} \dot{x}_3 + (\dot{x}_3 - \dot{x}_4) \eta + (\dot{x}_3 - \dot{x}_2) \eta = 0; \\ 4. \quad & m_e (2\ddot{x}_4 + \ddot{x}_3) + m_n (2\ddot{x}_4 + \ddot{x}_5) + C(2x_4 - x_3 - x_5) - \frac{1}{8} (2x_3 + x_2 - 2x_4 - 8x_6) C_\kappa + \\ & + \frac{1}{2} (G_e + G_n) l w \operatorname{sgn} \dot{x}_4 + \eta (2\dot{x}_4 - \dot{x}_3 - \dot{x}_5) = 0; \\ 5. \quad & m_e (2\ddot{x}_5 + \ddot{x}_4) + m_M (2\ddot{x}_5 + \ddot{x}_1) + C(2x_4 - x_3 - x_5) - \frac{1}{8} (2x_3 + x_2 - 2x_4 - 8x_6) C_\kappa + \\ & + \frac{1}{2} G_n (l + l_{np}) w \operatorname{sgn} \dot{x}_5 + \eta (2\dot{x}_5 - \dot{x}_1 - \dot{x}_4) = 0; \\ 6. \quad & \frac{G_{ny} l}{g} \ddot{x}_6 + G_{ny} - \frac{1}{8} (4x_3 + 2x_2 - 4x_4 - 8x_6) C_\kappa + G_{ny} f w \operatorname{sgn} \dot{x}_6 = 0. \end{aligned}$$

Полученная математическая модель применяется для устройства сортировки круглого леса. Может быть использована при сортировке древесных стволов по породам. Система имеет возможность снизить погрешность отслеживания перемещения круглого леса в соответствующий бункер-накопитель; позволяет повысить точность формирования управляющих команд на сброс круглого леса в резервуары хранения за счет синхронизации движения информации о его перемещении относительно накопителей в устройстве управления сортировкой; обеспечивает возможность масштабирования движения информации о движении круглого леса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dong J. et al. Analysis and Test of Clamp Conveying Type Residual Film Recycling and Film Impurity Separation Mechanism // Processes. – Sep. 2022. – Vol. 10, no. 9. – P. 1816. – DOI: 10.3390/pr10091816.
2. Fight R.D., Pinjuv G.L., Daugherty P.J. Small-diameter wood processing in the southwestern United States: An economic case study and decision analysis tool // Forest Products Journal. – 2004. – Vol. 54, no. 5. – P. 85–89.
3. Achatz J., Lukovic M., Hilt S., Ladrach T., Schubert M. Convolutional neural networks for quality and species sorting of roundwood with image and numerical data // Expert Systems with Applications. – Jul. 2024. – Vol. 246. – P. 123117. – DOI: 10.1016/j.eswa.2023.123117.
4. Kruglov V. Development of the rounded objects automatic detection method for the log deck volume measurement // First International Workshop on Pattern Recognition. – 2016. – Vol. 10011. – P. 1001104. – DOI: 10.1117/12.2242172.
5. Kruglov V. The Algorithm of the Roundwood Volume Measurement via Photogrammetry // 2016 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA). – Nov. 2016. – P. 1–5. – DOI: 10.1109/DICTA.2016.7797088.
6. Medvedev S., Mokhirev A., Rjabova T. Improvement of timber industry logistics using information systems // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – Mar. 2020. – Vol. 817, no. 1. – P. 012021. – DOI: 10.1088/1757-899X/817/1/012021
7. International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS). – December 2024. – Vol. 15, no. 4. – P. 2068–2079. ISSN: 2088-8694. – DOI: 10.11591/ijpeds.v15.i4.pp2068-2079

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЭНЕРГООБЪЕКТОВ ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ

А.В. Копьёв, О.А. Пичугова

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
УралЭНИН, кафедра АЭС, группа ЭМ-230101*

Научный руководитель: А.О. Егоров, к.т.н., доцент АЭС, УралЭНИН, УрФУ

Задача определения состава высоковольтного коммутационного оборудования, установленного на распределительных устройствах (РУ) электрических станций и подстанций часто связана с управлением производственными активами, но в большей степени востребована при предпроектных обследованиях для формирования общих технических решений в области развития электроэнергетических систем. Как правило необходимые для этого данные являются закрытыми (схемы, паспорта, инструкции), либо срок запроса и получения таких данных может быть длительным. В отдельных случаях необходимые данные могут быть вовсе утрачены.

Установленные на площадках трансформаторы и высоковольтные выключатели на класс напряжения 110 кВ и выше являются основным силовым оборудованием электроэнергетических систем и из-за их высоких технологичности и стоимости представляют особую важность, т. к. определяют нормальное функционирование энергосистемы.

Также при решении проектных и эксплуатационных задач функционирования и развития энергосистем, доступ к технологической информации может быть вовсе закрыт и возникают обратные задачи, когда в условиях отсутствия данных, необходимо определить входные параметры энергообъекта, достаточные для принятия дальнейших решений. К таким параметрам относятся адрес, геометрия землеотвода, компоновка, количество и тип РУ, количество и