

нии движения. Для этого планируется использовать суперпозицию из элементарных функций некоторого готового набора, совместно с генерацией числовых коэффициентов этих функций.

Во-вторых, необходимо будет расширить архитектуру приложения, добавив в него понятие валидатора – класса, проверяющего сгенерированную задачу не просто на возможность решения, а на удобство представления результата решения. Для этих валидаторов необходимо реализовать систему оценок громоздкости ответа в задаче (как для представления числовых результатов, так и для результатов в виде некоторой формулы).

И в-третьих, необходимо добавить в архитектуру приложения возможность визуального представления формул [3] и векторных изображений [4], что потребует усложнения визуальной части приложения и разделения её на независимые компоненты.

Заключение. В работе были проанализированы требования к модулю приложения-тренажёра для его адаптации к дисциплине «Теоретическая механика» и сформулирована концепция архитектуры данного модуля. Разработка данного модуля позволит повысить эффективность процесса изучения дисциплины, повысить мотивацию студентов, проще организовать управляемую самостоятельную работу студентов.

1. Ермоченко С. А., Командина Л. В. Архитектура учебного web-приложения по исследованию операций // Наука – образованию, производству, экономике: матер. XXII(69) Регион. научно-практ. конф. преп., науч. сотр. и аспирант., Витебск, 9-10 февраля 2017 г.: в 2 т. / ВГУ имени П. М. Машерова: редколл.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П. М. Машерова, 2017. – Т. 1. – С. 12-14
2. Ермоченко С. А., Командина Л. В. Расширение учебного web-приложения по дисциплине «Исследование операций» для дисциплины «Алгоритмы и структуры данных» // Наука – образованию, производству, экономике: матер. XXIII(70) Регион. научно-практ. конф. преп., науч. сотр. и аспирант., Витебск, 15 февраля 2018 г.: в 2 т. / ВГУ имени П. М. Машерова: редколл.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П. М. Машерова, 2018. – Т. 2. – С. 45-47
3. Mathematical Markup Language (MathML) Version 3.0 2nd Edition / World Wide Web Consortium [Electronic resource], 2014. – Mode of access: <https://www.w3.org/TR/MathML3/>. – Date of access: 13.01.2019
4. Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 (Second Edition) / World Wide Web Consortium [Electronic resource], 2014. – Mode of access: <https://www.w3.org/TR/SVG11/>. – Date of access: 13.01.2019.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

*В.В. Игнатенко, Е.А. Леонов
Минск, УО «БГТУ»*

Научно-технический прогресс в лесопромышленном комплексе предъявляет повышенные требования к качеству подготовки специалистов, которые в своей работе все чаще сталкиваются с задачами, требующими, кроме профессиональной подготовки, знания методов обработки результатов наблюдений, планирования эксперимента, математических методов моделирования и оптимизации. Современный инженер в своей работе сталкивается с новой высокопроизводительной и сложной техникой. В лесозаготовительной промышленности на смену традиционным бензопилам и трелевочным тракторам пришли харвестеры (машины, выполняющие комплекс операций: валку деревьев, их очистку от сучьев и раскряжевку на нужные сортименты), форвардеры (машины, осуществляющие сбор и транспортировку сортиментов на погрузочный пункт, включая разгрузку, подсортировку и укладку сортиментов в штабели) и ряд других машин.

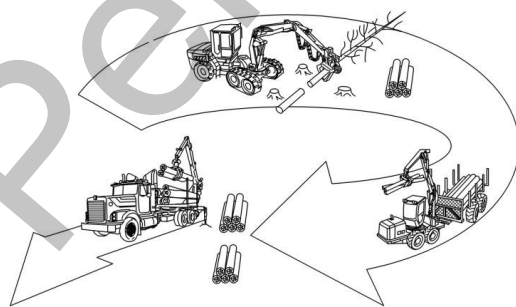


Рис. 1. Технологическая схема заготовки сортиментов системой машин «харвестер – форвардер»

Специалисту приходится анализировать работу как отдельных узлов машины, так и всей технологической линии (рис. 1). При достаточно широком выборе однотипного оборудования, очень важно правильно сформировать его в эффективные технологические системы машин. Решение этих проблем практически невозможно без математического моделирования исследуемых объектов.

Целью данного доклада является построение математической модели системы лесозаготовительных машин «харвестер – форвардер» и анализ полученных решений для определения их оптимальных режимов работы.

Материал и методы. Графическое описание состояний системы «харвестер – форвардер» с помощью размеченных графов. Запись дифференциальных уравнений Колмогорова для вероятностных состояний, получение и анализ финальных вероятностей состояний.

Результаты и их обсуждение. Математическая модель для работы системы машин «харвестер – форвардер», осуществляющей заготовку сортиментов на лесосеке (рис. 1) представлена на размеченном графом, представленным на рис. 2.

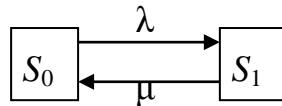


Рис. 2. Граф состояний системы «харвестер – форвардер»

Работа системы лесозаготовительных машин «харвестер – форвардер» характеризуется следующими параметрами: харвестер осуществляет заготовку сортиментов на лесосеке с интенсивностью λ сортиментов в час; форвардер осуществляет сбор и транспортировку сортиментов на погрузочный пункт с интенсивностью μ сортиментов в час. При этом форвардер может находиться в следующих состояниях: S_0 – простаивать из-за временного отсутствия заготавливаемых харвестером сортиментов; S_1 – осуществлять сбор и транспортировку сортиментов на погрузочный пункт. Из свободного состояния S_0 в рабочее S_1 форвардер переходит с интенсивностью λ , обратный переход осуществляется с интенсивностью μ .

Обозначим $P_i(t)$ – вероятность того, что в момент времени t система машин «харвестер – форвардер» находится в состоянии S_i , тогда модель функционирования системы (дифференциальные уравнения Колмогорова для вероятностей состояний) будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{dP_0}{dt} = -\lambda P_0 + \mu P_1; \\ \frac{dP_1}{dt} = \lambda P_0 - \mu P_1; \\ P_0 + P_1 = 1. \end{cases} \quad (1)$$

Неизвестные параметры λ и μ устанавливаются следующим образом: $\lambda = 1/t_3$, где t_3 – продолжительность цикла заготовки сортиментов харвестером; $\mu = 1/t_r$, где t_r – продолжительность цикла сбора, транспортировки, разгрузки и подсортировки сортиментов форвардером.

При исследовании работы лесозаготовительного оборудования на протяжении длительного промежутка времени месяц, год и т.д. (установившийся режим работы), можно считать, что $P_0 = \text{const}$, $P_1 = \text{const}$ (финальные вероятности состояний). Ошибка при принятии данного допущения не превышает 8% [2, 3].

В этом случае система дифференциальных уравнений (1) преобразуется в систему линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} 0 = -\lambda P_0 + \mu P_1; \\ 0 = \lambda P_0 - \mu P_1; \\ P_0 + P_1 = 1. \end{cases} \quad (2)$$

Решая систему уравнений относительно вероятностей состояний P_0 и P_1 получим выражения для расчета режимов работы системы машин «харвестер – форвардер»:

$$P_0 = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (3)$$

$$P_1 = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \quad (4)$$

Полученные зависимости вероятностей состояний системы машин «харвестер – форвардер» позволяют установить рациональные значения параметров рассматриваемых машин. Технология работы с зависимостями следующая: на основе конкретных природно-производственных условий выбирается марка оборудования, например форвардера, работа которого характеризуется интенсивностью μ ; из зависимостей (3) и (4) устанавливается рациональное значение параметра λ , по которому в дальнейшем подбирается конкретная марка харвестера [2, 3].

На рис. 3 приведен пример установления рациональной интенсивности λ работы харвестера в зависимости от конкретной интенсивности μ работы форвардера.

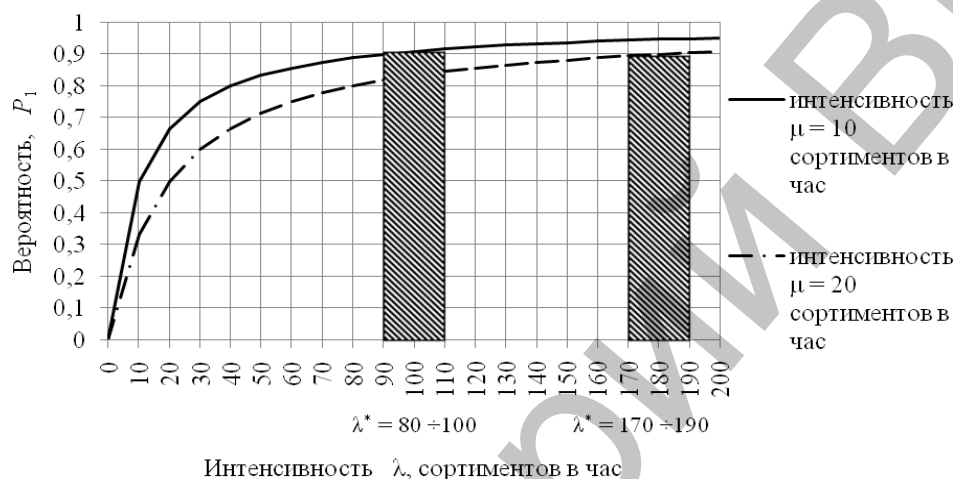


Рис. 3. Зависимости вероятностей состояний системы «харвестер – форвардер»

Принятый на основании рис. 3 оптимальный диапазон значений λ^* позволяет осуществить выбор требуемого харвестера, обеспечивающего рациональную загрузку применяемого форвардера, т. к. при этом обеспечивается оптимальная величина вероятности его работы P_1^* .

Заключение. Данная математическая модель может быть использована на производстве, при составлении эффективной системы машин «харвестер – форвардер» в зависимости от конкретных природно-производственных условий, при наименьших экономических затратах.

Построение математической модели, ее решение и анализ, полученных решений могут быть использованы при обучении студентов, технических специальностей.

1. Игнатенко В.В., Турлай И.В., Федоренчик А.С. Моделирование и оптимизация процессов лесозаготовок. – Минск: БГТУ, 2004. – 178 с.
2. Игнатенко В.В., Леонов Е.А. Установление рациональных параметров многооперационных машин в лесозаготовительной промышленности // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика, 2015. – Т. 3. – № 5–4. – С. 291–295.
3. Леонов Е.А., Игнатенко В.В., Клоков Д.В. Математическая модель работы рубильной машины с учетом ее технических отказов // Труды БГТУ, 2016. – № 2: Лесная и деревообр. пром-сть. – С. 40–44.

О ХАРАКТЕРИЗАЦИИ ИНЪЕКТОРОВ ДЛЯ МНОЖЕСТВ ФИШЕРА

Т.Б. Караулова
Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова

Все группы, рассматриваемые нами в настоящей работе, конечны. В обозначениях и определениях будем следовать [1]. В работе [2] была определена F-подгруппа Фишера группы G. Пусть F – класс Фиттинга. Подгруппа F группы G называется F-подгруппой Фишера G, если выполняются следующие условия:

- (1) $F \in F$; (2) если $F \leq H \leq G$, то $H_F \leq F$.