

Эффективность оптимизационного решения технологического потока в целом

$$\Theta_{\text{сп}} = \sum_{j=1}^n K_j P_j \Theta_j,$$

где P_j - вероятность решения j -й задачи.

Максимальное значение $\Theta_{\text{сп}}$ будет для абсолютно независимых задач и поэтому справедливым будет неравенство

$$\Theta_{\text{сп}} \leq \sum_{j=1}^n \Theta_j.$$

Зависимость эффективности решения задач в значительной мере усложняет расчет эффективности потока по двум причинам. Во-первых, функция $\Theta_{\text{сп}}$ в зависимости от структуры и взаимозависимости задач потока является громоздкой. Во-вторых, при независимых задачах оптимизации приоритету, имеющему большее значение P_j , присваивается задача с большим Θ_j . Для зависимых задач закон суммирования следует определять в процессе расчета, одновременно выбирая структуру потока (при проектировании) или принимая ее как заданную (оптимизация действующих потоков).

Для решения отдельных задач по оптимизации лесозаготовительного производства могут быть применены и другие методы, например метод экстремальных целевых функций.

И.В. Турлай, Н.Ф. Ковалев

ОБ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ЭВМ

Системы обработки (транспортировки) на базе различного лесозаготовительного оборудования работают в условиях воздействия целого ряда случайных факторов. Метод статистического моделирования процессов на ЭВМ позволяет получить характеристики, при которых будут максимально использоваться механизмы с учетом истинных (не усредненных) параметров процессов и их стохастичности.

Нами осуществлено моделирование на ЭВМ "Минск-22" ряда лесозаготовительных систем (трелевки, механизированной обрезки сучьев, раскряжевки, сортировки), которые исследовались в связи с предыдущей и последующей системами в технологическом потоке. Все случайные величины, необходимые в

процессе моделирования, генерируются по законам Эрланга с заданными параметрами. Как показывают результаты исследований различного лесозаготовительного оборудования, этот закон применим наиболее часто [1, 2]. Нами использовался следующий вид функции распределения Эрланга:

$$P(t) = 1 - e^{-\lambda t} \left(1 + \frac{\lambda^{k+1}}{k!} \sum_{m=1}^k \frac{k!}{m!} \frac{t^m}{\lambda^{k-m+1}} \right),$$

где k - порядок закона Эрланга ($k=0, 1, 2, \dots$); λ - интенсивность для соответствующего потока поступления предметов труда или отказов оборудования; $e = 2,71828\dots$; m - переменная величина ($m = 0, 1, 2, \dots, k$).

В качестве основных параметров используются: λ_2 - интенсивность поступления на обработку предметов труда (дереьев, хлыстов, сортимента и т.д.); λ_1 - интенсивность отказов (поломок) механизма; μ_2 - интенсивность обработки предметов труда; μ_1 - интенсивность восстановления работоспособности механизма; λ_{18} - интенсивность отказов запаса; μ_{18} - интенсивность восстановления работоспособности запаса.

Соответственно, параметры k : $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$. Основные положения моделирования состоят в следующем. Предметы труда поступают в запас перед механизмом, а в отсутствие его - непосредственно в механизм, в случайные моменты t_i^n , определенные как TPOS. Поступление может осуществляться единицами и пачками любого объема по N_2 единиц в пачке ($N_2 = 1, 2, \dots$). Если механизм исправен, обработка начинается в момент TNA.

Запас характеризуется определенной надежностью и подвержен отказам. В том случае, когда для приема и выдачи древесины из запаса не используется механизм, принимаем, что запас абсолютно надежен. Отказы наступают в момент TOTBUF; случайным является и длительность восстановления работоспособности REMBUF. При неисправном запасе поступление и выдача древесины не происходит. Поступление осуществляется независимо от начала и конца работы механизма. Начальное число предметов труда в запасе M_1 ($M_1 = 0, 1, 2, \dots, 1000$). Емкость запаса MO может задаваться в широких пределах ($MO = 0, 1, 2, \dots, 1000$) в зависимости от целей исследования. Если запас полностью заполнен, то подача в него фактически прекращается, но по не попавшим в запас предметам

труда РДЕТ, которые фиксируются, определяется потеря производительности предыдущей системы.

Подобный подход применен и при определении потери производительности предыдущей и исследуемой систем из-за отказов запаса. Длительности обработки ТАUOP являются случайными, зависят от S_i параметров деревьев, хлыстов и т.д., в первую очередь объема, породы, формы, влажности. Обработка может производиться пачками по $N1$ единиц ($N1 = 1, 2, \dots$) в зависимости от типа моделируемой системы. При появлении отказа механизма (моменты TOT) начинается его восстановление длительностью ТАUREM. Если поломка наступила в момент цикла обработки, после ее устранения предмет труда дообрабатывается случайное время.

В качестве результатов моделирования определяются и выводятся на печать следующие характеристики:

распределения вероятностей случайных величин по задаваемым законам распределения $F_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots, 6$);

гистограмма распределения длительностей простоев механизма из-за отсутствия предметов труда;

гистограмма распределения действительных продолжительностей обработки с учетом имевших место отказов;

число обработанных предметов труда СДЕТ за заданное время моделирования T1;

гистограмма распределения предметов труда в запасе перед механизмом;

потери производительности предыдущей системы из-за отсутствия мест для запаса или его ограниченной емкости, РДЕТ в единицах или пачках;

потери производительности предыдущей и исследуемой систем из-за отказов запаса, РДЕТ2.

На рис. 1 приведена блок-схема алгоритма моделирования лесозаготовительных систем. Блок 1 формирует значения функций распределения $F_i(t)$, моменты поступления предметов труда TPOS, наступления отказов в механизме (TOT) и запаса (TOTBUF). Блок 2 проверяет условие наличия предметов труда в запасе. При отсутствии нужного количества $N1$ единиц управление передается блокам 3, 4, где устанавливается возможность их поступления в период ремонта запаса. Если же выполнено условие $M1 \geq N1$, осуществляется переход в блок 10, проверяющий наличие простоев ТАUPR из-за отсутствия предметов труда. Равенство ТАUPR = 0 обеспечивает передачу управления 12 блоку. В этот же блок управление переходит и при ТАUPR \neq 0, но предварительно в блоке 11

заполняется массив простоев. Проверив в блоках 12, 13 условие готовности механизма к обработке TGOТ и получив его, переходим к блоку 15, где определяется момент начала обработки TNA с учетом инерции подготовительного периода и других особенностей для различных систем. В блоке 16 устанавливается, не будет ли иметь место отказ запаса. Если $TOTBUF < TNA$, управление передается блоку 17 и определяется: а) начало ремонта (TNA REM); б) конец ремонта (TCONREM); в) новый момент начала обработки с учетом времени восстановления работоспособности запаса; г) новое время отказа запаса.

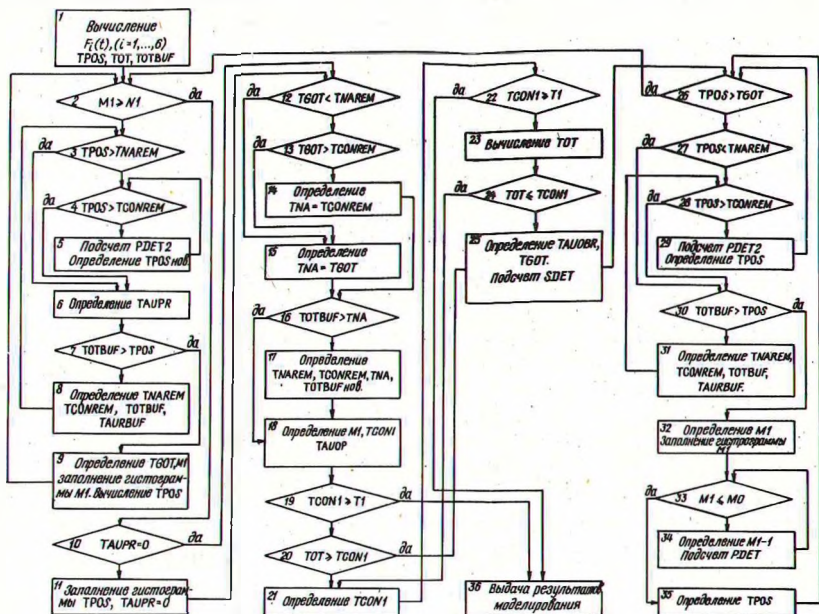


Рис. 1. Блок-схема алгоритма моделирования лесозаготовительных систем.

Далее, осуществляется переход к блоку 18, куда возможен переход и из блока 16 при $TOTBUF > TNA$. В этом блоке извлекается из запаса $N1$ единиц предметов труда, вычисляются длительность цикла обработки $TAUOP$, конец обработки $TCON1$. С учетом заданного времени моделирования (числа реализаций) $T1$ происходит выдача результатов (блок 36) или проверка наступления поломки механизма во время обработки (блок 20). Число обработанных предметов труда подсчитывает-

ся в блоке 25. Здесь же заполняется гистограмма длительностей обработки и определяется новое время готовности механизма $TGOT = TCON1$. Если во время цикла обработки наступила поломка механизма, в блоке 21 вычисляются: продолжительность ремонта $TAUREM$; конец обработки с учетом $TAUREM$.

В блоке 22 проверяется, принадлежит ли действительное $TCON1$ интервалу $(0, T1)$, и если вышло время моделирования, осуществляется выход в блок 36, если нет – в блок 23 с определением нового времени наступления отказа. В блоке 24 сразу же анализируется, не прерывает ли новый отказ цикл обработки с учетом $TCON1$, вычисленного в блоке 21. При $TOT \leq TCON1$ управление передается блоку 21, в противном случае блоку 25.

Ввиду наличия в системе двух независимых составляющих элементов – запаса и механизма – в построении и работе блок-схемы имеется ряд особенностей. Так, после окончания цикла обработки происходит возврат к запасу и проверка его возможных состояний. В блоке 26 проверяется наличие поступлений предметов труда, а в блоках 27 и 28 – не пришлись ли они на период восстановления работоспособности запаса (подсчет предметов труда $PDET2$, не попавших в запас в блоке 29). Если поступления миновали период восстановления, из блоков 27 и 28 управление передается к блоку 30 с проверкой условия $TOTBUF > TPOS$. Блок 31 выполняет функции, аналогичные функциям блока 17. В случае, когда отказ запаса наступит позже поступления, в блоке 32 предмет труда или пачка объемом $N2$ единиц заносится в запас. Из блока 32 осуществляется переход в блок 33, устанавливается $M1 \leq MO$; если оно имеет место, – следуем в блок 35 с определением нового момента поступления единицы (пачки) предмета труда. При заполнении всей емкости запаса предметы труда не попадают в него, и их количество фиксируется в блоке 34, как потеря производительности $PDET$ из-за ограниченной емкости запаса.

Рассмотрим ветвь (блоки 3 – 9), имитирующую поведение системы до момента готовности механизма и начала обработки. Если в запасе нет необходимого числа предметов труда $N1$, в блоках 3, 4 устанавливается, осуществлялись ли поступления в период восстановления работоспособности запаса. Если осуществлялись, то управление передается блоку 5, который выполняет те же функции, что и блок 29, иначе в блоке 6 определяется продолжительность простоя механизма из-за отсутствия предметов труда $TAUPR$. Далее следуют блоки 7, 8,

аналогичные 30 и 31. Если отказ запаса не препятствует поступлению, в блоке 9 вычисляются: время готовности механизма к очередному циклу обработки; заполнение гистограммы предметов труда в запасе; время поступления очередного предмета труда (пачки).

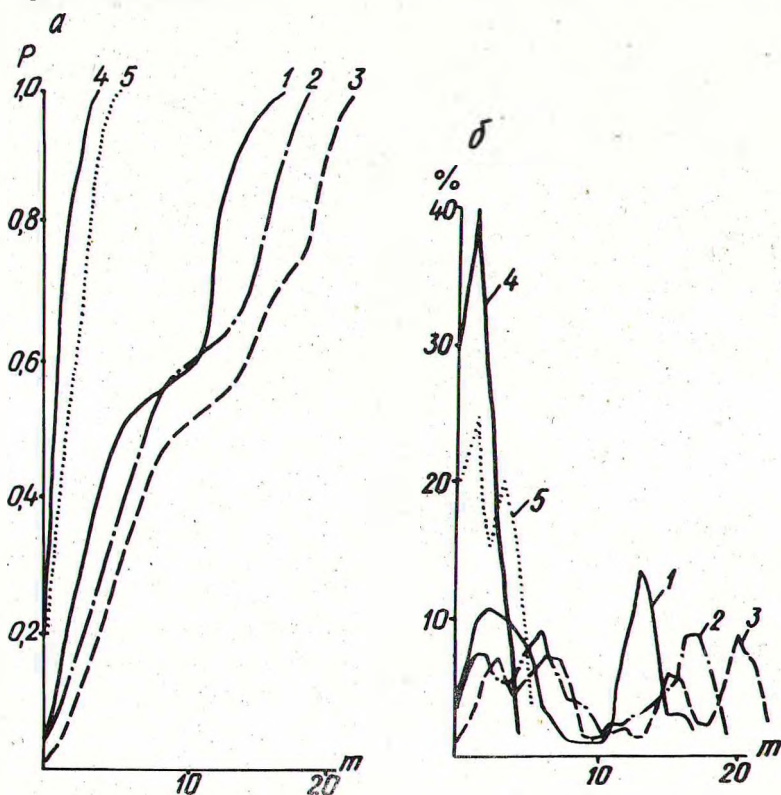


Рис. 2. Вероятностные зависимости размеров потребных емкостей m между ПСЛ-2 и ПЛХ-ЗАС (а) и гистограммы возникновения емкостей (б) для $T_1 = 60$ мин:

1— $k_1 = k_3 = k_4 = k_5 = k_6 = 0$, $k_2 = 2$; 2— $k_i = 0$ ($i = 6$);

3— $k_1 = k_2 = k_4 = k_5 = k_6 = 0$; $k_3 = 8$; 4— $k_1 = 2$, $k_2 = k_3 = k_4 = k_5 = k_6$; 5— $k_1 = 2$, $k_2 = k_5 = k_6 = 0$; $k_3 = 8$, $k_4 = 3$.

Ниже изложены отдельные результаты, полученные при моделировании работы установок по обрезке сучьев (ПСЛ-2) и раскряжке хлыстов (ПЛХ-ЗАС). Моделировалась непрерывная работа реальных систем в течение 60 и 240 мин. Исследова-

лось влияние характера распределения случайных величин (изменялись параметры k), надежности механизмов и запасов на производительность установок. На рис. 2, 3 представлены вероятностные зависимости потребных емкостей m для запасов между исследуемыми установками (соответственно, при

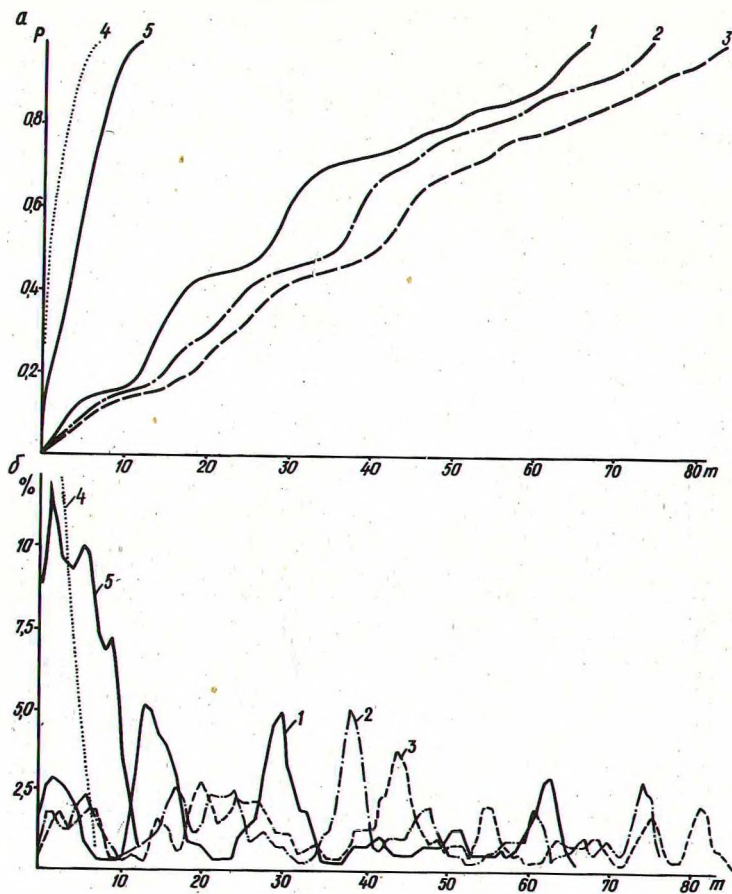


Рис. 3. Вероятностные зависимости размеров потребных емкостей m между ПСЛ-2 и ПЛХ-ЗАС (а) и гистограммы возникновения емкостей (б) для $T_1=240$ мин.

$T_1=60, 240$ мин), при которых обеспечено максимальное использование существующего оборудования. Размеры емкостей в значительной мере зависят от характера распределения случайных величин при постоянных средних значениях параметров.

При снижении надежности ПЛХ-ЗАС с $\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1} = 0,1$ до $\rho_1 = 0,15$ значения m фактически не изменялись. Для запаса достаточно высокой реальной надежности $\rho_{18} = \frac{\lambda_{18}}{\mu_{18}} = 0,01$ его отказы существенным образом не сказываются на производительности систем. В процессе моделирования производительность ПСЛ-2 принималась на 20% выше производительности ПЛХ-ЗАС.

Размер емкости для максимального использования обеих установок желательно принимать с вероятностью $P=1,0$, но не ниже чем 0,9. В этом случае устраняется влияние подавляющего количества простоев из-за смежных систем.

Рассмотренная модель позволяет исследовать работающие системы с целью повышения производительности, а также поиска оптимальных вариантов построения технологических потоков леспромхозов.

Л и т е р а т у р а

1. Ковалев Н.Ф., Турлай И.В. Вопросы анализа систем массового обслуживания лесозаготовок с учетом надежности механизмов. "Изв.вузов", №2, 1975.
2. Редькин А.К. Распределение продолжительности циклов подъемно-транспортных и лесобрабатывающих машин. Рефер. информ. сб. "Лесоэксплуатация", вып. 7, 1973.

М.А. Цвирко, В.Д. Мартынихин

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ УПРУГОСТИ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ НА БЛОКАХ С ГЛАДКОЙ И РИФЛЕННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ЖЕЛОБА

Теории расчета напряжений в канатах содержат ряд допущений, включая и то, что в поперечном сечении канат, работающий на блоках, не деформируется [1,9,13]. В действительности канат характеризуется не только продольной, но и поперечной уп-