

[3]. Тихонов А. Ф., Жуков А. В., Гермацкий А. В. Методика расчета и исследование динамики лесных манипуляторных машин // Лесн. журн.—1979.— № 3.— С. 98—104.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 23 марта 1987 г.

УДК 630*378.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЭВМ РОСПУСКА ПОДТОПЛЕННОГО ШТАБЕЛЯ

С. П. КАРПАЧЕВ, А. С. БОЛЬШАКОВ

Московский лесотехнический институт

Наиболее эффективный, высокопроизводительный способ пуска леса в молевой сплав — принудительный гидросъем [2]. Для его внедрения необходимо иметь нормообразующие показатели в виде интенсивности роспуска подтопленного штабеля в зависимости от основных гидрологических и производственных факторов. Это позволит осуществлять штабелевку круглых лесоматериалов к сплаву на затопляемые поймы в объемах, гарантирующих ускоренный пуск леса в сплав.

Процесс роспуска штабеля лесоматериалов при подтоплении носит вероятностный характер, и теоретически невозможно рассчитать его интенсивность математическими формулами. Эту задачу с достаточной для практики точностью можно решить методом анализа размерностей с использованием теории подобия и результатов экспериментальных исследований.

Предварительными исследованиями установлено, что интенсивность I роспуска штабеля зависит от геометрических параметров штабеля B , H , d (ширины, высоты штабеля и среднего диаметра бревна), величины h_n его подтопления, плотности ρ_d древесины и скорости v движения щети. В качестве характерного размера подтопленного штабеля принимаем величину его подтопления.

Безразмерные геометрические параметры подтопленного штабеля можно разделить на две группы: габаритные и структурные. К первым относятся $\frac{B}{h_n}$, $\frac{H}{h_n}$, $\frac{d}{h_n}$, ко вторым — коэффициенты: полнодревесности штабеля Δ , шероховатости бревен $k_{ш}$, сцепления бревен k_c , коэффициент k_y , учитывающий перекосы бревен и другие неровности штабелевки (качество укладки), сбежистости k_n и др. Для краткости записи безразмерные структурные параметры в дальнейшем будем обозначать символами δ_i (где $\delta_1 = \Delta$, $\delta_2 = k_{ш}$, $\delta_3 = k_c$ и т. д.).

В соответствии со сказанным символическое решение задачи можно записать в виде

$$I = f\left(h_n, \frac{H}{h_n}, \frac{B}{h_n}, \frac{d}{h_n}, \rho_d, \rho, \delta_i, g, v\right). \quad (1)$$

Согласно первой теореме подобия [3], представим решение задачи в критериальной форме, для чего преобразуем уравнение (1) к безразмерному виду:

$$\frac{I}{h_n^2 v} \frac{B}{h_n} = \frac{1}{B/h_n} f\left(1, \frac{H}{h_n}, \frac{B}{h_n}, \frac{d}{h_n}, 1, \frac{\rho_d}{\rho}, \delta_i, \frac{g h_n}{v^2}, 1\right). \quad (2)$$

Для окончательного решения уравнения (2) сменим знак функции и введем обозначения

$$K_I = \frac{I}{h_n B v}; \quad Fr = \frac{v}{\sqrt{g h_n}}; \quad \frac{\rho_n}{\rho} = \bar{\rho}, \quad (3)$$

где K_I — коэффициент интенсивности;
 Fr — число Фруда,
 $\bar{\rho}$ — относительная плотность древесины.

Поскольку эксперименты в натуре не позволяют выявить зависимости факторов на процесс роспуска штабеля даже за несколько навигаций, ввиду случайного характера их влияния, то используем моделирование.

Предварительные опыты показали, что скорость роспуска штабеля в спокойной воде не превышает 1 м/с, что подтверждает малое влияние на критерий K_I числа Фруда, поэтому им можно пренебречь. Если принять структурные параметры δ_i , ширину B и d постоянными для данного типа штабелей, то окончательное решение задачи имеет вид:

$$K_I = \varphi\left(\frac{H}{h_n}, \bar{\rho}\right). \quad (4)$$

Поскольку в лабораторных условиях практически невозможно воссоздать и идентифицировать принудительный роспуск штабеля, особенно разборку заостренных бревен, то изучали только процесс непрерывного движения бревен из штабеля (самороспуск) от момента его возникновения до остановки.

Планирование лабораторного эксперимента проводили по В-плану второго порядка. В результате статистической обработки результатов опытов получены следующие зависимости:

для коэффициента интенсивности

$$K_I = 0,032 \frac{H}{h_n}; \quad (5)$$

для установившейся скорости движения щети бревен, м/с

$$v_y = 0,87 - 0,136 \frac{H}{h_n} - 0,816 \bar{\rho} + 0,007 \left(\frac{H}{h_n}\right)^2 + \\ + 0,274 (\bar{\rho})^2 + 0,063 \frac{H}{h_n} \bar{\rho}; \quad (6)$$

для установившейся интенсивности роспуска штабеля, м³/с

$$I_y = 0,997 - 0,157 \frac{H}{h_n} - 0,921 \bar{\rho} + 0,008 \left(\frac{H}{h_n}\right)^2 + \\ + 0,3 (\bar{\rho})^2 + 0,073 \frac{H}{h_n} \bar{\rho}. \quad (7)$$

Для получения показателей управляемого пуска леса в сплав из подтопленных штабелей, соответствующих натуре, исследования были продолжены в производственных условиях. Они показали, что остановки роспуска штабеля вызываются самыми разными причинами: геометрическими параметрами бревен (кривизной, сбежистостью и т. п.), структурной характеристикой штабеля (перекрещиванием отдельных бревен, неравномерной плотностью укладки бревен и т. п.), условиями роспуска (колебаниями уровня, волнениями воды, ветром и пр.).

Все эти причины зависят от сочетания большого числа факторов и носят случайный характер. Практически невозможно учесть и ввести их в формулу (7) для определения интенсивности роспуска штабеля в натуральных условиях. Поэтому изменения во времени роспуска штабеля (остановки и задержки на разборку заостренных бревен) решено было

учесть статистически как распределения вероятности, полученные в натуральных условиях.

Наблюдения показали, что время наступления остановок подчиняется экспоненциальному закону распределения со средним значением, зависящим от отношения $\frac{H}{h_{п}}$. Время разборки учитывалось равномерным законом распределения со средним и отклонением, зависящими от $\frac{H}{h_{п}}$.

Для получения уравнения интенсивности роспуска штабеля с учетом остановок и затрат времени на разборку использовали метод имитационного моделирования процесса на ЭВМ.

В терминах теории массового обслуживания процесс роспуска штабеля можно описать как дискретный поток групп бревен постоянного объема. В нашем случае за такую группу был принят объем бревен 10 м^3 . Время на роспуск этой группы определяли по формуле (7). Поскольку процесс роспуска штабеля прерывается потоком отказов (остановок), то как только роспуск прекращается, в работу вступает механизм (исследовали погрузчик-штабелер ЛТ-72). После устранения отказа роспуск возобновляется. При этом, если отказ произошел в момент времени, когда группа бревен (10 м^3) размалевалась не полностью, необходимо после восстановления роспуска учесть время на ее дообслуживание. Программа, моделирующая процесс роспуска штабеля, была написана на языке GPSS.

Для получения уравнения регрессии в основу планирования «машинного» эксперимента был положен В-план второго порядка. При этом основными факторами были приняты $\frac{H}{h_{п}}$ и \bar{p} с варьированием на трех уровнях. Факторы и интервалы варьирования приведены в таблице. Здесь в соответствии с разработанной имитационной моделью каждому фактору на принятом интервале варьирования соответствовало время цикла роспуска, с: X_1 — время непрерывного роспуска 10 м^3 штабеля, полученное из уравнения регрессии (7); X_2 — среднее время остановок роспуска штабеля; $X_3 \pm X_4$ — время разборки заокрестных бревен (среднее основное и отклонение от среднего).

Исходные данные имитационного эксперимента

Но- мер опы- та	Фактор		Время цикла роспуска, с			
	$\frac{H}{h_{п}}$	\bar{p}	X_1	X_2	X_3	X_4
1	1,5	0,6	25	900	30	30
2	6,0	0,6	60	15	180	60
3	1,5	0,8	31	900	30	30
4	6,0	0,8	66	15	180	60
5	1,5	0,7	28	900	30	30
6	6,0	0,7	63	15	180	60
7	3,75	0,6	42	35	90	30
8	3,75	0,8	50	35	90	30

На ЭВМ ЕС-1033 в каждой из восьми точек плана осуществляли прогон модели, имитирующей роспуск штабеля бревен объемом 5000 м^3 (т. е. прогон 500 групп бревен). Полученное среднее время роспуска штабеля в каждой точке плана затем пересчитывали на интенсивность \bar{T} роспуска штабеля по формуле

$$\bar{T} = \frac{5000}{T_p}, \quad (8)$$

где T_p — время роспуска штабеля объемом 5000 м^3 , с.

Результаты расчета выходной величины \hat{I} обрабатывали по методике В-плана второго порядка [1]. Было получено уравнение регрессии для определения интенсивности пуска леса в сплав из подтопленного штабеля

$$\hat{I} = 0,01165 - 0,19228 \frac{h_{\pi}}{H} - 0,0258 \frac{1}{\rho} + 0,46325 \left(\frac{h_{\pi}}{H} \right)^2 - 0,01107 \frac{1}{(\rho)^2} + 0,33212 \frac{h_{\pi}}{H\rho}. \quad (9)$$

Расхождения между значениями интенсивности роспуска, полученные по результатам эксперимента и по уравнению регрессии (9), не превысили 5 %. Проверка однородности дисперсий с помощью F-критерия Фишера для уровня значимости $q = 0,05$ показала адекватность полученной математической модели.

Уравнение хорошо согласуется с производственными показателями, расхождения не превышают 10 %. Наблюдения проводили за роспуском штабелей на нескольких приречных лесоскладах, расположенных у лесосплавных рек Европейского Севера (Уфтюги, Виледи, Сысолы, Паденьги) в навигации 1984—1987 гг.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Пижурин А. А., Розенблит М. С. Исследования процессов деревообработки.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 234 с. [2]. Пименов А. Н., Большаков А. С. Принудительный гидросъем при лесосплаве // Лесн. пром-сть.— 1987.— № 3.— С. 15—16. [3]. Родионов П. М. Метод подобия и его применение к решению задач лесосплава: Учеб. пособие.— Л.: ЛТА, 1982.— 84 с.

Поступила 11 января 1988 г.

УДК 630*378.7

РАСЧЕТ ЛЕЖНЯ ПОПЕРЕЧНОЙ ЗАПАНИ С УЧЕТОМ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ НАГРУЗОК

В. Я. ХАРИТОНОВ

Архангельский лесотехнический институт

В лесосплавных сооружениях широко используют стальные канаты, цепи и другие виды такелажа, которые работают как гибкие нити. К таким сооружениям относятся и лежни запаней, надежность которых определяет сохранность лесоматериалов от аварийного разброса по берегам.

По существующей методике действующее усилие на лежень рассчитывают с учетом только равномерно распределенной нагрузки по ширине запани от пыжа. На практике за лежень часто крепят сортировочные системы, причем величина сосредоточенных сил иногда приближается к усилию на запань от пыжа.

Ниже приведены результаты аналитических исследований работы гибкой нити применительно к лежню запани с равномерно распределенной по длине пролета нагрузкой и двумя сосредоточенными силами в зоне крепления главных лесопропускающих ворот запани (см. рисунок).

Исходные данные: пролет (ширина запани) — l ; стрела провеса до приложения сосредоточенных сил — f_{0max} ; интенсивность равномерно распределенной нагрузки — q ; сосредоточенные силы — P .

Требуется определить: усилие в нити (лежне) — T ; угол для разбивки опор — α ; ординаты точек C и D после приложения в них сосредоточенных сил — f_c .