

УДК 630\*323

*А.Н. Заикин, Е.А. Памфилов*

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Заикин Анатолий Николаевич родился в 1949 г., окончил в 1975 г. Брянский технологический институт, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры технического сервиса Брянской государственной инженерно-технологической академии, действительный член МАНЭБ. Имеет около 170 печатных работ в области совершенствования техники и технологии лесозаготовок.  
E-mail: mail@bgita.ru



Памфилов Евгений Анатольевич родился в 1941 г., окончил в 1964 г. Брянский институт транспортного машиностроения, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой механической технологии древесины Брянской государственной инженерно-технологической академии, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 350 печатных работ в области обеспечения долговечности машин и оборудования.  
Тел.: факс (4832) 64-60-73



## **О ВЛИЯНИИ МЕЖОПЕРАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ДРЕВЕСИНЫ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ КОМПЛЕКТА ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН**

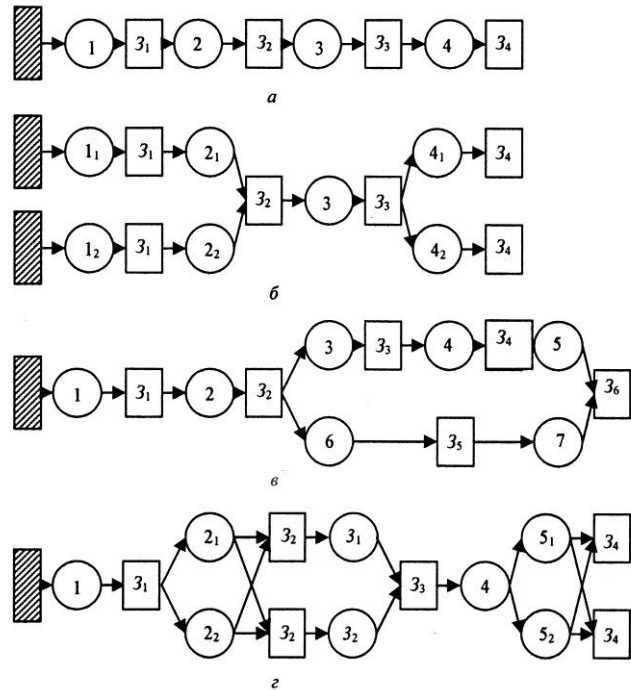
Рассмотрены комплекты лесосечных машин как поточные линии смешанного агрегатирования с гибкими связями, которые обеспечиваются межоперационными запасами. В результате достигается бесперебойная работа машин и оборудования на смежных операциях, повышается работоспособность технологической системы.

*Ключевые слова:* комплекты машин, поточные линии, запасы древесины, работоспособность технологической системы.

На лесосеках машины и механизмы, выполняющие отдельные операции, объединяют в комплекты. Эффективность их использования может быть достигнута при правильном комплектовании машин по типам и численности и соответствующей организации работы. Под системой машин в конкретных природно-производственных условиях подразумевается совокупность комплектов или один из них, включающий машины и оборудование для механизированного осуществления основных технологических операций и обеспечивающий заготовку леса в установленные сроки и с высокими экономическими показателями. Комплекты машин в системах характеризуются числом машин каждого типа, структурой и способом взаимодействия на смежных операциях. Комплекты, обеспечивающие выполнение всех операций конкретных технологических процессов, представляют собой поточные линии.

Цель статьи – установить закономерности влияния объемов межоперационных запасов древесины на снижение внутрисменных простоев машин на лесосечных работах и их роль в обеспечении надежности и достижении максимальной производительности комплектов оборудования в целом.

Рис. 1. Графические модели взаимосвязи машин и оборудования в комплекте: *a* – последовательное агрегатирование с гибкими связями; *б, в* – смешанное с ветвящимися и сходящимися линиями потока; *г* – то же с гибкими и жесткими связями; 1–7 – номера технических средств для выполнения операций; *З* – оперативный запас объектов труда; заштрихованные прямоугольники – запас сырья неограниченного объема



Сменная производительность комплекта ( $P_{см}$ ) определяется объемом сырья, заготовленного в течение смены. Производительность всего комплекта могла бы быть равной производительности машин на каждой операции, т. е.

$$P_{см_c} = P_{см_1} = P_{см_2} = P_{см_3} = \dots = P_{см_n}.$$

Такой комплект отвечал бы требованиям линии последовательного агрегатирования (рис. 1, *a*). Однако, как показывает практика, не удается подобрать комплект лесозаготовительных машин и механизмов с одинаковой или близкой производительностью. Зачастую, если на первой операции работает одна машина, то на второй – две, три, на третьей – одна, две и т. п. Причем перед каждой из операций создается запас древесины, поэтому все операции в системе, за исключением погрузки и вывозки, связаны между собой. Точкой схождения и расхождения линий в потоках является запас, обеспечивающий гибкие связи между машинами каждой операции. Поэтому на лесозаготовках наибольшее распространение получили комплекты машин, отвечающие линиям смешанного агрегатирования с гибкими и жесткими связями.

Рассматривая причинно-следственную связь создания и потребления запасов, мы установили, что между операциями они многоуровневые. В технологическом процессе лесосечных работ запасы, во-первых, создаются предыдущими техническими средствами (ТС) до начала их работы на следующей операции и должны обеспечивать 50-метровую зону безопасности между операциями валки и трелевки,

и 30-метровую между операциями трелевки и обрезки сучьев, обрезки сучьев и погрузки. Технологическая причина, вызывающая необходимость создания такого типа запасов, определяет их название – технологические. Вторых, любые ТС, в том числе лесосечные машины и оборудование, ненадежны в работе, требуют технического ухода, т. е. каждое ТС имеет свой коэффициент технического использования. Наиболее невыгодная ситуация для пары смежных ТС, когда выходит из строя предыдущее ТС, а объем запасов или минимален, или отсутствует. Техническая причина, вызывающая необходимость создания такого типа запасов, определяет их название – технические.

Запасы объектов труда (ОТ) в обоих случаях предупреждают (страхуют) простои последующего ТС, когда простаивает предыдущее. Правомерно называть их страховыми, а объем ( $Q_c, \text{м}^3$ ) определять по формуле

$$Q_c = Q_{\text{тл}} + Q_{\text{тн}}$$

где  $Q_{\text{тл}}, Q_{\text{тн}}$  – объем соответственно технологических и технических запасов,  $\text{м}^3$ .

После создания объема страховых запасов предыдущими ТС с объемом выработки  $Q_i$  вступают в работу ТС на следующей операции с объемом выработки  $Q_s$ . При соблюдении условия  $Q_i > Q_s$  запасы ОТ начинают расти с интенсивностью  $(Q_i - Q_s)t$ .

В случае  $Q_i < Q_s$  перед началом работы ТС на следующей операции необходимо создать дополнительный объем запасов. Поскольку их объем зависит от организации работ, он может быть назван организационным ( $Q_o, \text{м}^3$ ). Этот объем дополняет страховой до гарантирующего бесперебойную работу ТС, поэтому правомерно называть его гарантийным ( $Q_r, \text{м}^3$ ).

Отсюда следует также, что межоперационные запасы ОТ многоуровневые, имеют предельную для конкретных условий величину  $Q_r$ , гарантирующую бесперебойную работу ТС, и в общем виде могут быть рассчитаны по формуле

$$Q_r = Q_c + Q_o.$$

После создания объема гарантийных запасов ОТ предыдущими ТС вступают в работу ТС на следующей операции ( $Q_i < Q_s$ ). С этого времени запасы ОТ начнут уменьшаться с интенсивностью  $(Q_s - Q_i)t$ .

Для повышения эффективности применения ТС и безопасности рабочих необходимо организовать работу так, чтобы в первом случае ( $Q_i > Q_s$ ) после достижения запасами гарантийного уровня они начали снижаться до страховых, а во втором ( $Q_i < Q_s$ ) после создания страхового запаса – расти и к концу расчетного периода (месяца) сравнялись с гарантийными.

Для определения оптимальных объемов гарантийных запасов и поддержания их на определенном уровне, с учетом максимальной выработки комплекта машин, минимальных затрат и вредного воздействия машин на лесные экосистемы, нами разработаны математические модели [2]. Поддержание объемов гарантийных запасов обеспечивается за счет подключения на отстающих операциях дополнительных машин и (или) увеличения сменности работы основных машин и оборудования.

В зависимости от числа ТС в комплекте, пополняющих и выработывающих запас между смежными операциями, можно предложить следующие схемы компоновки поточных линий (рис. 1).

Схема смешанного агрегатирования со сходящимися и ветвящимися линиями потока (рис. 1, б) включает ряд ТС, работающих параллельно друг другу и передающих объекты труда работающим последовательно; возможны и обратные случаи – передача объектов труда от ТС, работающих последовательно, к работающим параллельно. В случае, приведенном на рис. 1, б, имеют место оба варианта одновременно.

В таких схемах сменная производительность последовательно соединенных ТС должна быть равна производительности ТС, работающих параллельно. Это условие можно записать в виде

$$[(P_{см1} \approx P_{см2}) + (P_{см12} \approx P_{см22})] \approx P_{см} \approx (P_{см41} \approx P_{см42}).$$

Возможны варианты, когда параллельно может работать разное количество ТС (рис. 1, в). При этом желательно следующее соблюдение соотношений производительности:

$$P_{см1} \approx P_{см2} \approx [(P_{см3} \approx P_{см4} \approx P_{см5}) + (P_{см6} \approx P_{см7})].$$

В схемах смешанного агрегатирования, включающих жесткие и гибкие связи (рис. 1, з), ОТ могут поступать в запас перед любым из ТС, а если запаса нет, то непосредственно на ТС. Выбор схемы зависит от вида заготовленной древесины (дерева, хлысты, сортименты), типа и количественного состава применяемых ТС. Поддержание оперативных запасов на определенном уровне (с учетом подключения дополнительных машин на отстающих операциях на рассчитанное для конкретных условий время и (или) увеличение сменности) повышает вероятность безотказной работы комплекта машин.

Процесс выполнения комплектом машин лесосечных работ представляет собой поточную линию смешанного агрегатирования с гибкими связями. Эти связи обеспечивают оперативные запасы, которые, как указывалось выше, рассчитываются, создаются и поддерживаются в конкретных производственных условиях на определенном уровне. Гарантийный объем запасов обеспечивает бесперебойную работу ТС на смежных операциях. Если одно из ТС выходит из строя (останавливается), другое продолжает работать, потребляя запасы или пополняя их, следовательно, функционирует весь комплект машин. В этом случае запасы играют роль резервного оборудования, и поэтому комплект лесосечных машин можно рассматривать как резервированную систему (рис. 2).

В этой схеме при отказе основного ТС возможен успешный переход на резерв (включается дополнительное оборудование или «работает» запас). При независимых отказах ТС надежность системы (коэффициент технического использования) из двух элементов за некоторое время  $t$  определится по формуле [1]

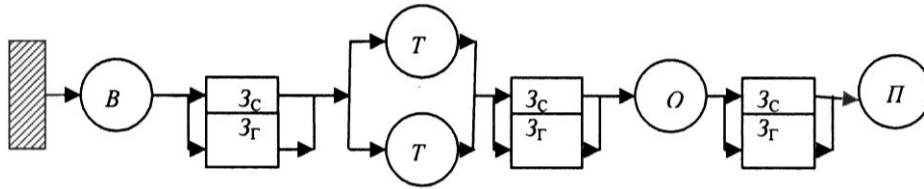


Рис. 2. Схема смешанного (параллельно-последовательного) резервируемого соединения  $n$  элементов:  $B$  – валочно-пакетирующая машина;  $Зс, Зг$  – запасы страховой и гарантийный;  $T$  – трелевочный трактор;  $O$  – сучкорезная машина;  $П$  – погрузчик

$$P(t) = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - P_i),$$

где  $P(t)$  – коэффициент технического использования за время  $t$ ;  
 $P_i$  – коэффициент технического использования  $i$ -го элемента;  
 $m$  – число элементов.

Коэффициент технического использования системы ( $P_c$ ) из нескольких элементов (рис. 2) можно определить по формуле

$$P_c = [1 - (1 - P_B)(1 - P_{Зс})(1 - P_{Зг})][1 - (1 - P_{T_1})(1 - P_{T_2})(1 - P_{Зс})(1 - P_{Зг})] \times \\ \times [1 - (1 - P_O)(1 - P_{Зс})(1 - P_{Зг})]P_{П}.$$

Если для данного примера коэффициент технического использования валочно-пакетирующей машины ( $P_B$ ) принять равным 0,85; трелевочных тракторов ( $P_T$ ) – 0,8; сучкорезной машины ( $P_O$ ) – 0,9; погрузчика ( $P_{П}$ ) – 0,85; а запасов ( $P_З$ ) – 0,7, то коэффициент технического использования системы составит

$$P = [1 - (1 - 0,85)(1 - 0,7)(1 - 0,7)][1 - (1 - 0,8)(1 - 0,8)(1 - 0,7)(1 - 0,7)] \times \\ \times [1 - (1 - 0,9)(1 - 0,7)(1 - 0,7)] \cdot 0,85 = 0,83.$$

С другой стороны, для поддержания запасов на определенном уровне дополнительно подключается на валке и обрезке сучьев бензопила, а на трелевке чокерный трактор, что обеспечивает максимальную выработку комплекта в целом. Такая система, например, для комплекта машин, состоящего из одной валочно-пакетирующей, двух трелевочных и одной сучкорезной машины, будет иметь схему, представленную на рис. 3.

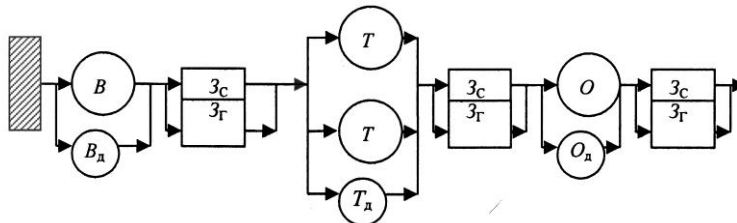
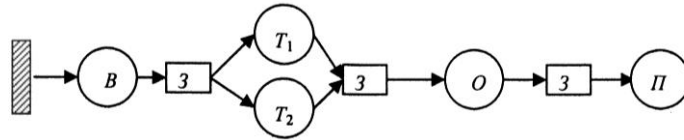


Рис. 3. Схема смешанного (параллельно-последовательного) резервируемого соединения с использованием дополнительных элементов:  $B_d$  – бензопила;  $T_d$  – чокерный трактор;  $O_d$  – сучкорезная машина

Рис. 4. Схема смешанного нерезервируемого соединения  $n$  элементов

Коэффициент технического использования системы из нескольких элементов (рис. 3) можно определить по формуле

$$P_c = [1 - (1 - P_B)(1 - P_{B_d})(1 - P_{3_c})(1 - P_{3_r})][1 - (1 - P_{T_1})(1 - P_{T_2})(1 - P_{T_d})(1 - P_{3_c}) \times \\ \times (1 - P_{3_r})][1 - (1 - P_O)(1 - P_{O_d})(1 - P_{3_c})(1 - P_{3_r})]P_{\Pi}.$$

Если принять коэффициент технического использования бензиномоторных пил ( $P_{B_d}$ ) равным 0,3 (поскольку они не полностью заменяют машины) и чокерного трактора ( $P_{T_d}$ ) – 0,85, то коэффициент технического использования приведенной системы составит

$$P = [1 - (1 - 0,85)(1 - 0,3)(1 - 0,7)(1 - 0,7)][1 - (1 - 0,8)(1 - 0,8) \times \\ \times (1 - 0,85)(1 - 0,7)(1 - 0,7)][1 - (1 - 0,9)(1 - 0,3)(1 - 0,7) \times \\ \times (1 - 0,7)] \cdot 0,85 = 0,84.$$

Если запасы недостаточны и дополнительные машины не подключаются, схема комплекта примет вид, представленный на рис. 4.

Коэффициент технического использования такой системы можно определить по формуле

$$P_c = P_B P_{3_c} [1 - (1 - P_{T_1})(1 - P_{T_2})] P_{3_r} P_O. \quad (1)$$

Подставив значения коэффициентов технического использования каждой машины в формулу (1), получим для нерезервируемой системы

$$P = 0,85 \cdot 0,7 [1 - (1 - 0,8)(1 - 0,8)] \cdot 0,7 \cdot 0,9 = 0,36.$$

Если же учесть, что запасы даже недостаточного объема служат резервом и при остановке ТС на одной операции они будут какое-то время продолжать работу на следующей, то формула (1) примет вид

$$P_c = [1 - (1 - P_B)(1 - P_{3_c})][1 - (1 - P_{T_1})(1 - P_{T_2})(1 - P_{3_c})][1 - (1 - P_O)(1 - P_{3_c})]P_{\Pi}. \quad (2)$$

Подставив значения коэффициентов технического использования отдельных элементов системы в формулу (2), получим коэффициент технического использования системы

$$P = [1 - (1 - 0,85)(1 - (0,1 \dots 0,7))][1 - (1 - 0,8)(1 - 0,8)(1 - (0,1 \dots 0,7))] \times \\ \times [1 - (1 - 0,9)(1 - (0,1 \dots 0,7))] \cdot 0,85 = 0,64 \dots 0,78.$$

Сравнивая значения коэффициентов для резервируемой и нерезервируемой систем, легко заметить, что первый в 2,3 раза выше. Даже при недостаточном объеме запасов он больше в 1,8 раза. Отсюда следует, что создание и поддержание запасов на определенном, рассчитанном для конкретных условий уровне за счет маневрирования численностью и (или) сменностью работы машин способствуют значительному повышению работоспособности технологической системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Амалицкий, В.В.* Монтаж и эксплуатация деревообрабатывающего оборудования [Текст]: учеб. для вузов / В.В. Амалицкий, Г.А. Комаров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 400 с.

2. *Заикин, А.Н.* Технология лесозаготовок. Ч.1. Управление межоперационными запасами, расчет режимов работы машин и технико-экономических показателей [Текст]: учеб. пособие / А.Н. Заикин. – Брянск: БГИТА, 2001. – 80 с.

Поступила 12.02.09

*A.N. Zaikin, E.A. Pamfilov*

Bryansk State Engineering Technological Academy

**On Influence of Interoperation Wood Stock on Efficiency of Logging Machines Set**

Logging machines sets are viewed as production lines of mixed modularization with flexible connectors ensured by interoperation stocks. As a result the continuous operation of machines and equipment is achieved in related operations, the efficiency of the technological system increases.

Keywords: set of machines, flow lines, wood stocks, efficiency of technological systems.

---