

УДК 630*36.004.1

П. М. МАЗУРКИН

Марийский политехнический институт

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Приведены критерии рискованной эксплуатационной и технической производительности манипуляторной лесозаготовительной машины с полноповоротной платформой типа ЛП-19А. Показаны числовые границы этих критериев с учетом различных лесотехнических требований.

Criteria of risky operating and engineering capacity of a knuckled arm harvester with a revolving platform of LP-19A type have been presented. Some numerical limits of those criteria with reference to different forest engineering requirements are revealed.

Назначение лесозаготовительной машины (ЛЗМ) — механизация труда по извлечению лесоматериалов из лесоучастка. В настоящее время биотехническая эффективность многих ЛЗМ отрицательна. Она может быть повышена при соблюдении правил лесопользования, что в большей степени зависит от мастерства оператора и в меньшей от конструкции и параметров ЛЗМ. Рост продуктивности древостоя обеспечивается применением манипуляторных ЛЗМ, общая тенденция эволюции которых сводится к достижению уровня внедорожных роботов [9].

Научная информация о возможных результатах (особенно отрицательных эффектах) функционирования оператора ЛЗМ еще недостаточно систематизирована. Поэтому моделирование критерия, оценивающего способность лесоучастка продуцировать, необходимо выполнить путем натуральных исследований в реальных условиях природопользования [11, с. 399]. Поскольку цель функционирования неопределенна, в соответствии с рекомендациями [12] необходимо перейти к созданию априорно-апостериорно-адаптивных многокритериальных моделей оптимизации, когда множество критериев и их модели уточняются (адаптируются) по мере получения новой, в том числе эмпирической и экспертной, информации. По данным [14], время обработки порции дополнительной информации должно быть значительно меньше времени между уточнениями критериальных моделей. Нами создана методика эвристико-статистической идентификации [3, 5], позволяющая моделировать эмпирические и экспертные данные.

Процессы обработки лесоучастка и информации о возможных модификациях сообщества деревьев должны выполняться одновременно или хотя бы со сдвигом во времени не более чем на период обработки одной лесосеки, делянки или даже пасеки.

Пусть заданный режим обработки лесоучастка соблюдается по отношению ко всем его элементам (волок, лента, пасека, делянка, лесосека) и описывается системой показателей, например аналогичных показателям сельскохозяйственного производства [13]. Тогда производительность системы оператор — ЛЗМ является рискованной $[P_{э}]_{эк}$, предельно ограничивающей эксплуатационную производительность $P_{л}$ лесозаготовительной машины [2, 10].

При прочих равных условиях эксплуатационная производительность зависит от способа заготовки лесоматериалов, учета уровней рискованной эксплуатационной производительности $[P_э]_{эк}$, а также профессионального мастерства оператора. Например, на соревнованиях [1] лучший оператор ЛП-19А за 30 мин спилил и уложил в пачки 99 деревьев. Производительность машины или оборудования определяется временем, затраченным на производство единицы продукции (в нашем случае срезанное дерево) или объемом продукции, произведенной за единицу времени (темп работы). Абсолютная производительность чемпиона составила 18 с.

Отсюда следует, что предельная (по психофизиологическим данным оператора) относительная эксплуатационная производительность равна 3,3 дерева за 1 мин, или около $100 \text{ м}^3/\text{ч}$, или около $600 \text{ м}^3/\text{см}$. Работа одного оператора в таком темпе в течение смены невозможна. Поэтому значение $600 \text{ м}^3/\text{см}$ неверно из-за игнорирования закономерности изменения производительности труда человека (ее максимум наблюдается в первой, половине смены, ближе к середине). Рисковая производительность по состоянию оператора $[P_э]_{оп}$ в приведенном примере равна около $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ и достигается при сплошной рубке без сохранения подроста.

Нормальная работа оператора обеспечивает эксплуатационную производительность ЛП-19А около $200 \text{ м}^3/\text{см}$ [1], т. е. $P_э < [P_э]_{оп}$. Влияние психофизиологических возможностей оператора выражается в трехкратном снижении производительности. При этом $[P_э]_{оп}$ для ЛП-19А приближается к производительности экскаватора (цикл 16...18 с).

Отсюда можно записать цепь неравенств для эксплуатационной производительности:

$$P_э \leq [P_э]_{эк} \leq [P_э]_{оп} \leq [P_э]_{м}, \quad (1)$$

где $[P_э]_{м}$ — предельная (рисковая) эксплуатационная производительность ЛЗМ по ее техническим возможностям (режим нагружения, надежность эксплуатации и др.).

Фактическая эксплуатационная производительность $P_э$ зависит от допустимой по экологическим (лесоводственным) требованиям производительности $[P_э]_{эк}$. Эталонном является сосновый спелый древостой, для которого этот критерий не учитывается. По всем другим структурам лесоучастка, видам и способам рубки значение указанного критерия уменьшается. Например, при чересполосно-пасечной выборочной рубке леса (П. В. Алексеев) норматив производительности снижается на 40 % и более по сравнению со сплошной рубкой без сохранения подроста. При селекционной рубке этот критерий еще меньше. Тогда можно записать соотношение

$$[P_э]_{эк} = [P_э]_{эк}^0 a_n a_c \dots, \quad (2)$$

где $[P_э]_{эк}^0$ — опорное значение рискованной эксплуатационной производительности по экологическому состоянию (сосновый древостой, сплошная рубка без сохранения подроста);

$a_n, a_i, a_c \dots$ — коэффициенты, учитывающие видовой состав древостоя, интенсивность рубки, способ рубки и т. д.

Аналогично для оператора, занявшего первое место на соревнованиях, можно принять значение рискованной производительности по психофизиологическому состоянию $[P_э]_{оп}$; для новичков и неопытных операторов необходимо устанавливать поправочные коэффициенты.

Согласно формуле (1) рискованная техническая производительность ЛЗМ должна быть выше возможностей любого оператора. Только в этом случае становится высокопроизводительной эксплуатация ЛЗМ, на-

дежной по конструкции. Чем выше значение $[P_3]_m$, тем больше P_3 у высококвалифицированного оператора. Например, машина ЛП-19А имеет технические возможности, которые еще не выявлены до конца. По данным [1], два оператора сменялись на одной машине ЛП-19А после перехода от одной ленты к другой (период обработки ленты 50 мин). За 8 ч непрерывной работы ЛП-19А выдала не 200, а 490 м³ пачек деревьев. Цикл обработки одного дерева составил в среднем 27 с. Основываясь на этих данных, можно выстроить цепь неравенств: $P_3 \leq 120 < 200 < 490$ м³/см. При работе ЛП-19А в условиях несплошной рубки в хвойно-лиственном лесу (первый ярус — береза и осина, второй — ель) $P_3 = 120$ м³/см. По-видимому, экспериментально можно найти физический предел производительности одной машины ЛП-19А $[P_3]_m$, обслуживаемой несколькими опытными операторами. По результатам соревнований [1], $[P_3]_m = 600$ м³/см.

Для определения возможностей более высоких уровней технической производительности ЛЗМ составим цепь неравенств

$$P_T \leq [P_T]_{ц} \leq [P_T]_н \leq [P_T]_{пр} \leq [P_T]_{ф}, \quad (3)$$

где

- P_T — техническая производительность ЛЗМ;
- $[P_T]_{ц}$ — цикловая производительность, которая может быть достигнута на соревнованиях за короткий период работы (по [1] в сосновом эталонном древостое при сплошной рубке без сохранения подроста получено $[P_3]_m = [P_T]_{ц} = 600$ м³/см., что нереально для 1 оператора);
- $[P_T]_н$ — производительность по предельной нагруженности машины (для ее определения необходим полигон с моделями крупных деревьев, соответствующих предельной грузоподъемности ЛЗМ);

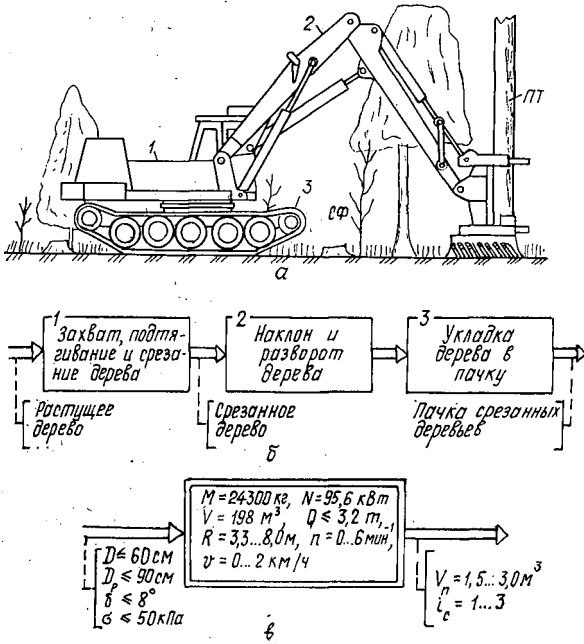


Рис. 1. Способы информационных описаний ЛЗМ: а — конструктивное: 1 — платформа полноповоротная с кабиной и приводом; 2, 3 — рабочее и ходовое оборудование; ПТ — предмет труда; СФ — среда функционирования; б — функциональная структура процесса работы ЛП-19А; в — параметрическая модель машины

$[P_T]_{пр}$ — производительность по предельной прочности конструкции ЛЗМ (испытания на стендах [4] с датчиками напряжений в элементах конструкции);

$[P_T]_{ф}$ — производительность по предельному функционированию (например, для ЛП-19А срезание и валка модельных деревьев на специальном полигоне). Этот критерий близок к показателю технологической производительности по В. Б. Прохорову [10, с. 20—21].

Рассмотрим три способа информационного описания ЛЗМ (рис. 1): параметрическое по предельным значениям технических данных (учитывается в формуле (3) через критерий $[P_T]_{н}$); конструктивное, включающее характеристику материалов конструкции по прочности (критерий $[P_T]_{пр}$); функциональное (критерий $[P_T]_{ф}$). Согласно формуле (3) в качестве оператора машины может быть человек (P_T , $[P_T]_{ц}$) и автомат ($[P_T]_{н}$, $[P_T]_{пр}$, $[P_T]_{ф}$) при необходимости соблюдения условий безопасности нахождения человека в испытываемой ЛЗМ.

На рис. 2, а показано, что функциональную структуру можно описать по изменениям предмета труда (обрабатываемые действия подчеркнуты). Поэтому минимально возможная структура состоит всего из двух обрабатывающих действий, причем срезание является функцией качественного, а укладка — количественного типа.

Машина «Керинг-ЗФФ» выполняет эти две обрабатывающие функции по ходу разворота платформы, поэтому поворот становится движением подачи дисковой фрезы на растущие деревья. Захват выполняется после срезания, а действия подтягивания и наклона вообще исключаются (рис. 2, б). По схеме на рис. 2, в работает отечественная машина МТП-13А.

Сопоставление схем показывает, что «сжатие» обрабатывающих функций происходит при обеспечении непрерывности процесса за счет постоянного вращения платформы. При скорости 6 об/мин время обработки дерева уменьшается до 10 с. Человек-оператор не выдерживает такой интенсивности движений. Автомат может обеспечить вращение платформы со скоростью до 12 об/мин, поэтому минимально возможное время обработки дерева при непрерывности цикла составит 5 с.

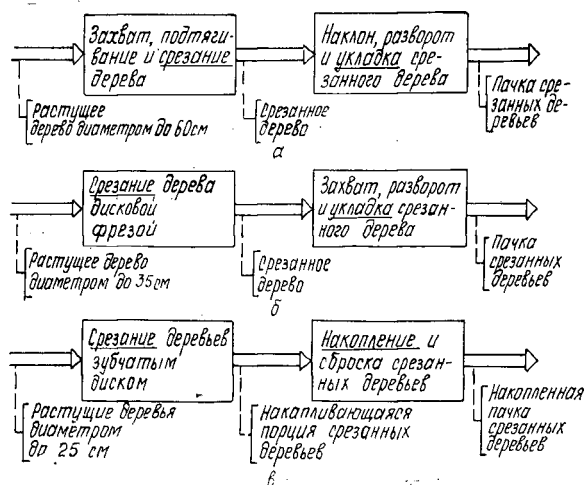


Рис. 2. Принцип действия машин: а — ЛП-19А; б — «Керинг-ЗФФ»; в — кустореза МарПИ на базе ЛП-19А [6—8]