



УДК 630\*32

**В.А. Александров**

С.-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова

Александров Валентин Александрович родился в 1941 г., окончил в 1968 г. Ленинградскую лесотехническую академию им. С.М. Кирова, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой проектирования специальных лесных машин С.-Петербургского государственного лесотехнического университета, действительный член РАЕН, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный лесовод МНР. Имеет более 150 научных работ, 6 патентов и 26 авторских свидетельств в области динамики гурзоподъемных машин.  
E-mail: 2944218@mail.ru



## ЕЩЕ РАЗ О ХЛЫСТОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Приведен анализ существующих систем лесозаготовительных машин, реализующих хлыстовую технологию, с позиций энергоемкости, производительности и количества машин. Предложена новая система машин на базе валочно-пакетирующей машины и подборщика, включающего гусеничный трелевочный трактор с прицепом, оборудованный устройством для групповой очистки пачки от сучьев и перегрузочным устройством на автотранспорт. Даны рекомендации по улучшению ходовой системы трактора, снижению вибронегативности машиниста и оператора валочно-пакетирующей машины.

*Ключевые слова:* лесозаготовительная машина, хлыстовая технология, энергоемкость, система машин, вибронегативность оператора.

Исследования отечественных и зарубежных ученых по прогнозированию развития лесозаготовок показали [2], что хлыстовая технология с вывозкой на нижние склады останется в России доминирующей и в перспективе. Если в первые годы перехода лесной отрасли на хлыстовую технологию ее реализовывали с использованием бензиномоторной пилы и трелевочного трактора, то уже в последующие годы, в целях замены ручного труда и повышения производительности, происходило насыщение лесозаготовок техникой. Были разработаны системы, включающие 4-5 различных машин. При этом мощность используемых машин постоянно наращивалась.

При анализе результатов эксплуатации перечисленных систем (70-е гг. XX в.) возникло много вопросов [9]: почему при увеличении мощности трелевочных тракторов более чем 1,5 раза их количество на 1 млн м<sup>3</sup> стрелеванного леса (с учетом работы челюстных погрузчиков) не только не уменьшилось, а наоборот – увеличилось; почему годовая выработка на трактор (ТДТ-40М или ТДТ-55) за последние 20 лет поднялась только на 10 % по сравнению с газогенераторным трактором КТ-12, хотя среднее расстояние трелевки леса для него составляло 600 м, что более чем в 2 раза выше среднего расстояния трелевки в настоящее время; чем объяснить, что челюстной погрузчик, призванный высвободить 3 трелевочных трактора, фактически высвобождал только 0,1 трактора; почему внедрение многооперационной валочно-пакетирующей машины (ВПМ) ЛП-19А заменяет всего лишь 2-3 бензиномоторные пилы, а другие машины в системе просто заменяют ручной труд, не обеспечивая экономического эффекта и т.д.

В последующие годы мощности силовых установок, используемых в системах машин техники, возросли еще в 1,5–2 раза, и отмеченные недостатки еще более обозначились. Так, затраты времени в расчете на одно дерево при валке бензиномоторной пилой, погрузке, трелевке, разгрузке и холостом ходе трелевочного трактора (ТДТ-55А или ТТ-4М) в зависимости от объема деревьев составляет в среднем 170...247 с. При использовании валочно-трелевочных машин флангового типа (узкозахватных) затраты времени на одно дерево составляют без учета трелевки в среднем 58...85 с, с трелевкой на расстояние до 250...300 м – 110...125 с. У валочно-трелевочных машин с манипуляторами ЛП-17А и ЛП-49 этот показатель находится в пределах 202...208 с. Затраты времени в перерасчете на одно дерево при работе валочно-пакетирующей машины ЛП-19А с подборщиком пачек составляет 185...195 с, расстояние трелевки пачек – до 200 м.

При выходе из строя подборщиков пачек должна останавливаться и ВПМ (и наоборот), так как если она будет продолжать работать (зимой), то сформированные пачки или занесет снегом,

или они примерзнут. Узкозахватная машина флангового типа не имеет такого недостатка, так как работает автономно. Основные претензии к этой машине со стороны лесоводов были связаны с несохранением подроста. Однако отечественные и зарубежные ученые все чаще говорят о нецелесообразности его сохранения вообще, так как сохраненный подрост в связи с изменением светового воздействия первые 2-3 года болеет и нередко гибнет [10, 12]. Попытки выправить ситуацию усовершенствованием многооперационных машин за счет повышения скоростей перемещения элементов технологического оборудования, совмещения выполнения нескольких технологических операций, введения накопителя в захватно-срезающее устройство, выравнителя платформы, автоматизации управления и увеличения вылета манипулятора не дали желаемого результата в увеличении производительности [1].

В этой связи в настоящее время целесообразно искать пути совершенствования хлыстовой технологии. На наш взгляд, основными недостатками, присущими современным системам машин, которые реализуют хлыстовую технологию, являются неправильные (ошибочные) идеи, положенные в основу взаимодействия лесной машины с предметом труда – деревом. Во всех применяемых системах лесозаготовительных машин, базирующихся на использовании в первой фазе ВПМ, предусматриваются следующие технологические операции: срезание дерева → укладывание дерева в пачку на землю → погрузка (набор) пачки подборщиком (подъем части пачки с грунта на машину) → трелевка пачки подборщиком к машине для очистки стволов от сучьев → разгрузка пачки на площадку около машины для обрезки сучьев → подъем поштучно деревьев на стрелу или ферму машины для обрезки сучьев → обрезка сучьев → сброс хлыста на землю → погрузка хлыстов челюстным погрузчиком в несколько приемов на транспортное средство.

Таким образом, в технологической цепочке дерево после отделения от пня трижды опускается на землю и трижды, не считая подъема его после срезания манипулятором ВПМ, поднимается лесозаготовительными машинами. Для реализации этой технологической схемы нужно как минимум четыре типа лесосечных машин. Необходимо отметить, что на ранней стадии внедрения хлыстовой технологии (1949–1951 гг.) погрузку пачки на транспортное средство (автомобиль) осуществляли за один прием (крупнопакетная технология, реализуемая трелевочным трактором). В 70-е гг. были попытки создания машин для групповой очистки стволов от сучьев. Уже тогда было ясно, что поштучная обработка деревьев не дает такого эффекта, как групповая. Причем интересен тот факт, что очистка стволов от сучьев производилась без сброса пачки со щита трелевочного трактора на землю. С точки зрения принципов конструирования машин или технологий 80-х гг. прошлого столетия был сделан шаг назад: очистка стволов стала осуществляться поштучно, формирование воя хлыстов на автотранспорте – за несколько приемов погрузки.

Большое количество машин в системе привело к тому, что основными принципами формирования машин стали [4]:

упрощение структуры системы, т. е. формирование системы из минимального числа типов машин;

обеспечение надежности функционирования системы путем формирования звеньев из нескольких машин и выбора схемы взаимодействия, обеспечивающей работу машин одного типа при простое смежных машин второго типа;

согласование производительности звеньев машин, выполняющих различные операции технологического процесса, посредством выбора соответствующих значений управляемых параметров;

обеспечение полной загрузки каждой машины, входящей в систему.

Как показала практика, реализовать последние три принципа в производственных условиях чрезвычайно сложно, а вот на первый принцип следует обратить внимание. Еще в 50-е гг. одним из разработчиков трелевочного трактора проф. С.Ф. Орловым была высказана мысль: зачем валить дерево на землю, если оно затем должно быть погружено на транспортное средство или щит трелевочного трактора. Нужно дерево после срезания валить на машину. Тогда реализация этой идеи не принесла положительного результата, в связи с тем, что отсутствовали надежные срезающие механизмы и имелось большое ударное воздействие падающего дерева на машину. Сегодня высокопроизводительные ВПМ манипуляторного типа, способны не только срезать, переносить любое произрастающее на лесосеке дерево, но и мягко укладывать его в любое место, а значит, и на сборщик пачки (пока условно назовем его так), минуя землю. В этом случае сборщик пачки может включать в себя трелевочный трактор в комплекте с роспуском,

оборудованным кониковыми зажимными устройствами, дополнительными механизмами для перегрузки пачки за один прием на транспортное средство (автомобиль) в случае вывозки деревьев на нижний склад. При необходимости транспортировки хлыстов на нижний склад на сборщик устанавливается дополнительно механизм для групповой очистки от сучьев. Кабина машиниста сборщика при этом должна быть дополнительно усилена и защищена. Как показали предварительные проработки, технически такие решения вполне осуществимы.

Предлагаемая система машин обеспечивает при минимальном числе машин и выполняемых технологических операций: значительное уменьшение энергоемкости ведения лесосечных работ; высвобождение двух машин из существующих систем; сокращение времени на погрузку пачки на транспортное средство; защиту кроны деревьев, находящихся в пачке, при транспортировке (перемещении) от загрязнения, что немаловажно для последующей ее переработки.

Для реализации рассматриваемой системы машин должно быть жесткое согласование между подачей автотранспорта и сборщиком (подборщиком) деревьев.

#### Модернизация системы машин для реализации хлыстовой технологии

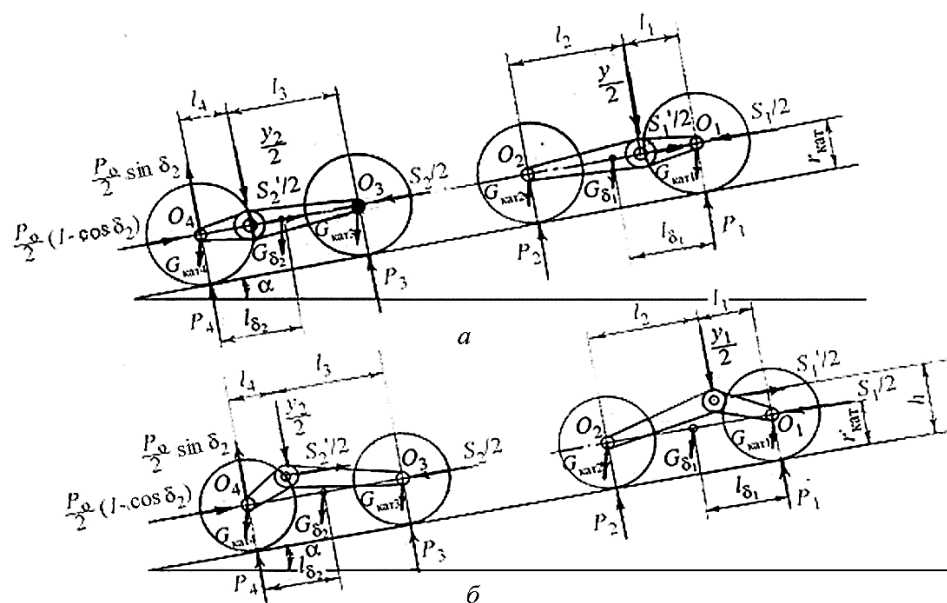
1. Трелевочный трактор или подборщик пачек, выполненный на базе гусеничного трелевочного трактора, при возможной технической скорости движения 0...15 км/ч движется со скоростью 3...5 км/ч. Скорость движения ограничивается вибрацией сиденья машиниста, которая превышает допускаемую по санитарным нормам (СН 2.2.4/2.1.8.566–96) в 6–10 раз [3]. Для ее снижения необходимо внести следующее изменение в подвеске трактора:

дополнительно установить внутри основных пружин подвесок кареток более высокие пружины с меньшей жесткостью. По нашим исследованиям жесткость дополнительных пружин должна быть в пределах 200 кН/м (жесткость основных пружин у ТДТ-55А – 700 кН/м), что позволит повысить плавность и скорость движения на холостом ходу;

подрессорить сиденье тракториста. Как показали исследования [3], жесткость подвеса сиденья должна составлять 4...8 кН/м.

Кроме того, в ходовой системе гусеничного трелевочного трактора необходимо приподнять оси соединения балансиров передних и задних кареток с цапфами рамы (см. рисунок, а и б). Такое конструктивное решение

позволит перераспределить нагрузку на катки (догрузить передние и третьи катки соответственно на  $\frac{S'_1 (h - r_{кат})}{2 (l_1 + l_2)}$  и  $\frac{S'_2 (h - r_{кат})}{2 (l_3 + l_4)}$  и на эту же величину разгрузить вторые и задние катки), т. е. снизить давление на грунт и улучшить проходимость.



В схеме а:

Схемы сил, действующих на заднюю и переднюю каретки гусеничного движителя: а – традиционная схема; б – рекомендуемая схема ( $P_0$  – касательная сила тяги;  $S_1, S_2$  – сопротивление движению;  $S'_1, S'_2$  – толкающие силы со стороны корпуса;  $G_{\delta_1}, G_{\delta_2}$  – силы тяжести балансиров;  $G_{кат}$  – сила тяжести катка;  $\delta_1, \delta_2$  – углы наклона гусеничных ветвей;  $y_1, y_2$  – реакции со стороны

корпуса;  $P_1 - P_4$  – опорные реакции под катками)

$$P_1 = \frac{y_1}{2} \left[ 1 - \frac{l_1}{l_1 + l_2} \right] + G_{\text{кат}} \cos \alpha + G_{\delta_1} \cos \alpha \left[ 1 - \frac{l_{\delta_1}}{l_1 + l_2} \right];$$

$$P_2 = \frac{y_1}{2} \frac{l_1}{l_1 + l_2} + G_{\text{кат}} \cos \alpha + G_{\delta_1} \frac{l_{\delta_1}}{l_1 + l_2} \cos \alpha;$$

$$P_3 = \frac{y_2}{2} \frac{l_4}{l_3 + l_4} + G_{\text{кат}} \cos \alpha + G_{\delta_2} \frac{l_{\delta_2}}{l_3 + l_4} \cos \alpha;$$

$$P_4 = \frac{y_2}{2} \left[ 1 - \frac{l_4}{l_3 + l_4} \right] + G_{\text{кат}} \cos \alpha + G_{\delta_2} \cos \alpha \left[ 1 - \frac{l_{\delta_2}}{l_3 + l_4} \right] - \frac{P_0}{2} \sin \delta_2.$$

В схеме б):

$$P_1 = \frac{y_1}{2} \left[ 1 - \frac{l_1}{l_1 + l_2} \right] + G_{\text{кат}} \cos \alpha + G_{\delta_1} \cos \alpha \left[ 1 - \frac{l_{\delta_1}}{l_1 + l_2} \right] + \frac{S'_1 (h - r_{\text{кат}})}{2 (l_1 + l_2)};$$

$$P_2 = \frac{y_1}{2} \frac{l_1}{l_1 + l_2} + G_{\text{кат}} \cos \alpha + G_{\delta_1} \frac{l_{\delta_1}}{l_1 + l_2} \cos \alpha - \frac{S'_1 (h - r_{\text{кат}})}{2 (l_1 + l_2)};$$

$$P_3 = \frac{y_2}{2} \frac{l_4}{l_3 + l_4} + G_{\text{кат}} \cos \alpha + G_{\delta_2} \frac{l_{\delta_2}}{l_3 + l_4} \cos \alpha + \frac{S'_2 (h - r_{\text{кат}})}{2 (l_3 + l_4)};$$

$$P_4 = \frac{y_2}{2} \left[ 1 - \frac{l_4}{l_3 + l_4} \right] + G_{\text{кат}} \cos \alpha + G_{\delta_2} \cos \alpha \left[ 1 - \frac{l_{\delta_2}}{l_3 + l_4} \right] - \frac{P_0}{2} \sin \delta_2 - \frac{S'_2 (h - r_{\text{кат}})}{2 (l_3 + l_4)}.$$

С этих же позиций также целесообразно плечи балансиров кареток сделать одного размера, т. е.  $l_1 = l_2 = l_3 = l_4$ .

2. Исследованиями Л.П. Максимова [5] выявлено, что операторы валочно-пакетирующих машин ЛПП-19А из-за вибрации недоиспользуют 35 % мощности двигателя. Исследованиями Р.В. Ротенберга, А.А. Хачатурова и др. установлено, что повышенная вибрация сиденья приводит к увеличению ошибок оператора в управлении машиной, недоиспользованию мощности силовой установки и снижению производительности [8, 11].

Нами в работах [6, 7] разработаны и представлены расчетные схемы и математические модели для изучения вибронегруженности операторов ВПМ при различных режимах работы. В результате исследований было установлено, что в режимах обработки дерева операторы ВПМ типа ЛПП-19А подвержены вибрационному воздействию, превышающему допускаемые санитарные нормы в 3,5–5 раз. Определяющее влияние на уровень вибрации оказывает интенсивность форсирования пускотормозных режимов, объем пакетируемого дерева, жесткость сиденья, а в процессе движения при технологических переездах – высота преодолеваемых препятствий и скорость передвижения.

В связи с тем, что уровень виброускорения на сидении ВПМ в горизонтальной продольной плоскости превышает ускорения в вертикальной плоскости, и учитывая, что колебания в горизонтальной плоскости переносятся человеком хуже вертикальных, целесообразно устанавливать сиденье на параллелограммных рычагах, обеспечивающих вертикальное положение корпуса оператора, т. е. передачу только вертикальных колебаний при угловых колебаниях платформы.

Для снижения угловых колебаний ВПМ при пакетировании деревьев большого объема и, следовательно, колебаний оператора на сиденье необходимо силовую установку устанавливать на раме с возможностью перемещения в продольном направлении. В этом случае силовая установка будет выполнять роль противовеса.

Таким образом, реализация перечня предложенных нами мероприятий, направленных на модернизацию системы машин для хлыстовой технологии, позволит снизить затраты времени на обработку одного дерева, повысить производительность труда, а также улучшить условия труда машинистов и операторов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров В.А. К вопросу развития отечественных многооперационных лесосечных машин // Изв. СПбЛТА. 2003. № 169. С. 118–128.
2. Александров В.А. Механизация лесосечных работ в России. СПбЛТА, 2000. 208 с.
3. Александрова В.Б. Повышение эффективности лесосечных машин снижением динамических нагрузок и вибронегруженности операторов: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. СПб.: СПбЛТА, 1998. 19 с.
4. Кушляев В.Ф. Лесозаготовительные машины манипуляторного типа. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 248 с.
5. Максимов Л.П. Повышение технико-экономических показателей валочно-пакетирующих машин за счет более эффективного использования мощности силовых установок в технологическом цикле: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Химки: ЦНИИМЭ, 1985. 20 с.
6. Мартынова Н.Б., Александров В.А. Вибронегруженность оператора валочно-пакетирующей машины в режиме преодоления препятствия методом «вывешивания» // Изв. СПбЛТА. 2009. № 188. С. 155–161.
7. Мартынова Н.Б., Александров В.А. К вопросу вибронегруженности операторов валочно-пакетирующих машин // Изв. СПбЛТА. 2009. № 186. С. 100–109.
8. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. М.: Машиностроение, 1972. 329 с.
9. Татаринов В.П. Лесозаготовки. Состояние и проблемы повышения эффективности. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 224 с.
10. Фарбер С.К., Соколов В.А., Втюрина О.П. Лесовосстановление вырубков и влияние на них технологии лесозаготовок // М.: Лесн. пром-сть. 1998. № 3. С. 19–22.
11. Хачатуров А.А. Динамика системы дорога–шина–автомобиль–водитель. М.: Машиностроение, 1976. 535 с.
12. Шарый М.А., Ботенков В.П. Механизация и лесовосстановление // Лесн. пром-ть. 1981. № 7. С. 10–12.

Поступила 04.10.12

**V.A. Aleksandrov**

St. Petersburg State Forest Technical University

### **The Tree-Length Method Revisited**

The article analyzes the existing harvesting machines systems that apply the tree-length method, in terms of power consumption, performance, and the number of machines in the system. A new system of machines based on a feller buncher and a pickup, including a tracked skidder with a trailer, and equipped with a slasher and a reloader. Recommendations are given for improving the tractor's propulsion system as well as reducing vibration load for drivers and operators of feller bunchers.

*Key words:* harvesting machine, tree-length method, energy intensity, machines system, vibration load for operators.

---

---