

УДК 630*323.1

С. П. Мохов, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ);
В. А. Симанович, кандидат технических наук, доцент (БГТУ); **С. Е. Арико**, ассистент (БГТУ)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС ПАДЕНИЯ ДЕРЕВА

Рассмотрены процессы падения деревьев с различными средними объемами хлыста и упругодемпфирующими свойствами крон. Проведены исследования влияния усилия предварительного натяга дерева, взаимодействия сучьев крон, ветровой нагрузки и воздушной среды на реакцию в шарнире наклона захватно-срезающего устройства. Выполнена оценка влияния внешних силовых факторов на процесс падения дерева.

The processes of falling trees with different volumes of medium and whip elastic-damping properties crowns. Investigated the influence of preload force tree twigs interaction crowns, wind and air to the reaction in the hinge slope capture-shearing device. The influence of external force factors on the process of falling tree.

Введение. Процесс механизации рубок главного и промежуточного пользования сопровождается созданием и внедрением в производство современных высокопроизводительных валочных, валочно-пакегирующих, валочно-трелевочных и других многооперационных машин. Выбор параметров данной техники необходимо осуществлять с учетом динамических нагрузок, возникающих в элементах конструкции при выполнении технологических приемов и операций [1]. Для моделирования процесса взаимодействия деревьев с лесозаготовительными машинами первоочередной задачей является изучение свойств предмета труда и исследование влияния внешних силовых факторов на данный процесс.

1. Обоснование упругодемпфирующих параметров крон деревьев. Существенное влияние на динамику процесса взаимодействия кроны дерева с землей оказывают ее жесткость и коэффициент демпфирования, величины которых колеблются в значительных пределах. По данным В. Ф. Полетайкина [2], для древостоя диаметром от 0,36 м до 0,80 м в зависимости от разряда высот жесткость изменяется в пределах 1185–4890 Н/м, при этом коэффициент демпфирования составляет 0,26–0,57 от величины жесткости. П. С. Бурмак [3] в исследованиях принимал жесткость кроны равной 4365 Н/м, а коэффициент демпфирования – 260 Н·с/м. М. К. Асмоловским [4], при моделировании работы узкозахватной валочной машины для рубок промежуточного пользования, приводятся данные об изменении жесткости от 1700 Н/м до 6000 Н/м, при этом коэффициент демпфирования составлял 0,1–0,2 от величины жесткости.

Для теоретических исследований выбор значений жесткости c и коэффициента демпфирования k кроны производился на основе анализа возникающих усилий в шарнире наклона харвестерной головки F_z при взаимодействии кроны дерева, имеющего объем хлыста $0,27 \text{ м}^3$,

с землей и варьировании c и k . Данные процессы представлены на рис. 1 и 2.

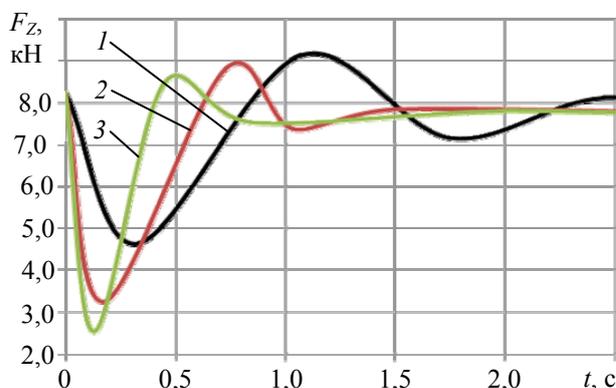


Рис. 1. Процесс взаимодействия кроны дерева с землей при коэффициенте демпфирования кроны, соответствующем 0,1 ее жесткости:
1 – 1000 Н/м; 2 – 3000 Н/м; 3 – 5000 Н/м

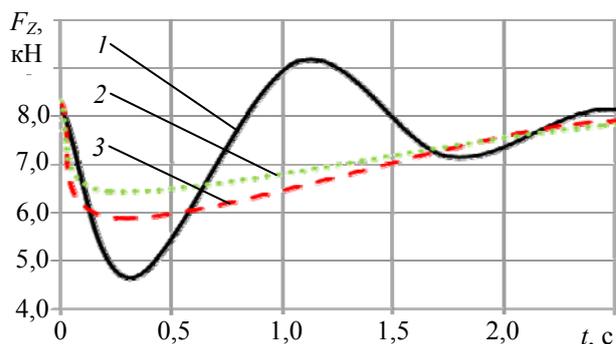


Рис. 2. Процесс взаимодействия кроны дерева с землей при ее жесткости 1000 Н/м:
1 – $k = 100$ Н·с/м; 2 – $k = 300$ Н·с/м; 3 – $k = 500$ Н·с/м

Представленные зависимости свидетельствуют, что к увеличению динамической нагрузки в шарнире наклона захватно-срезающего устройства (ЗСУ) приводит снижение жесткости и коэффициента демпфирования кроны. При жесткости

5000 Н/м реакция достигает 8467,5 Н. Снижение жесткости до 1000 Н/м, при аналогичном соотношении между жесткостью и коэффициентом демпфирования, сопровождается увеличением возникающего усилия в шарнире на 7,6% (рис. 1).

При рассмотрении процесса взаимодействия кроны с землей (рис. 2) следует отметить, что на динамику процесса существенное влияние оказывает величина коэффициента демпфирования. Увеличение данного параметра с 100 Н·с/м до 500 Н·с/м приводит к снижению вертикальной составляющей реакции в шарнире на 14,6%. Так как снижение c и k приводит к увеличению продолжительности и амплитуды колебательного процесса, в дальнейших исследованиях принимались значения c и k , равные 1000 кН/м и 100 кН·с/м соответственно.

2. Исследование влияния среднего объема хлыста и полноты насаждения на динамику процесса падения дерева. На рис. 3 и 4 представлены не учитывающие действие ветровой нагрузки зависимости изменения усилий, возникающих в шарнире наклона харвестерной головки при обработке древостоя, имеющего различный средний объем хлыста и полноту насаждения.

При работе харвестера на валке деревьев первоначально должен быть обеспечен предварительный натяг при захвате ЗСУ дерева. На представленных графиках (рис. 3 и 4) операция натяга выражена линейной зависимостью и по времени составляет примерно одну секунду. Необходимо отметить, что величина натяга с увеличением объема дерева возрастает. Так, при среднем объеме хлыста $0,1 \text{ м}^3$ величина усилия составляет 7,43 кН, для объемов $0,21 \text{ м}^3$ и $0,27 \text{ м}^3$ величины сил натяга равны 8,81 кН и 9,56 кН соответственно.

Процесс срезания дерева за один проход для указанных объемов отличается временем и составляет 0,79 с, 2,15 с и 1,38 с соответственно. В дальнейшем процесс падения дерева по характеру изменения динамических величин примерно одинаков для различных объемов дерева.

На динамику роста вертикальной составляющей усилия в шарнире наклона харвестерной головки F_z значительное влияние оказывает полнота. Так, при объеме хлыста $0,1 \text{ м}^3$ и полноте 0,70 и 0,85 усилие достигает 7014,1 Н и 7022,7 Н соответственно. Максимальная реакция в шарнире соответствует 7430,0 Н в момент создания предварительного натяга.

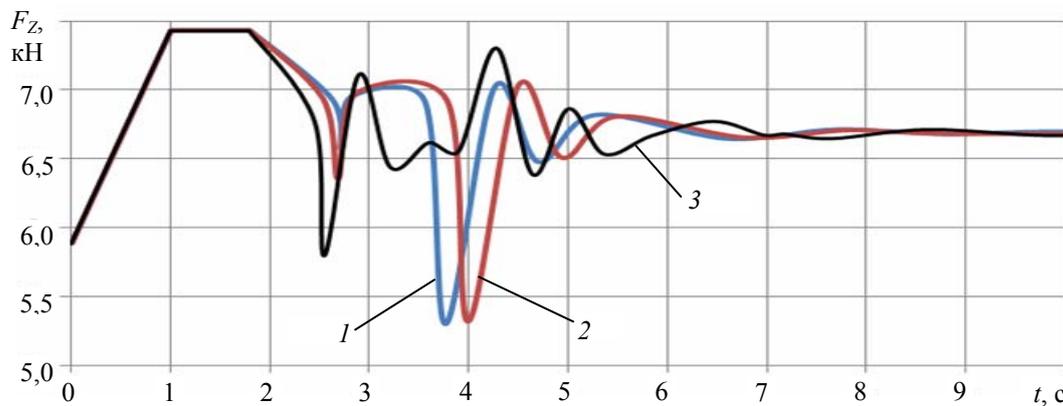


Рис. 3. Изменение усилия F_z в шарнире наклона ЗСУ при среднем объеме хлыста $0,1 \text{ м}^3$:
1 – полнота 0,70; 2 – полнота 0,85; 3 – полнота 1,00 (зависание дерева)

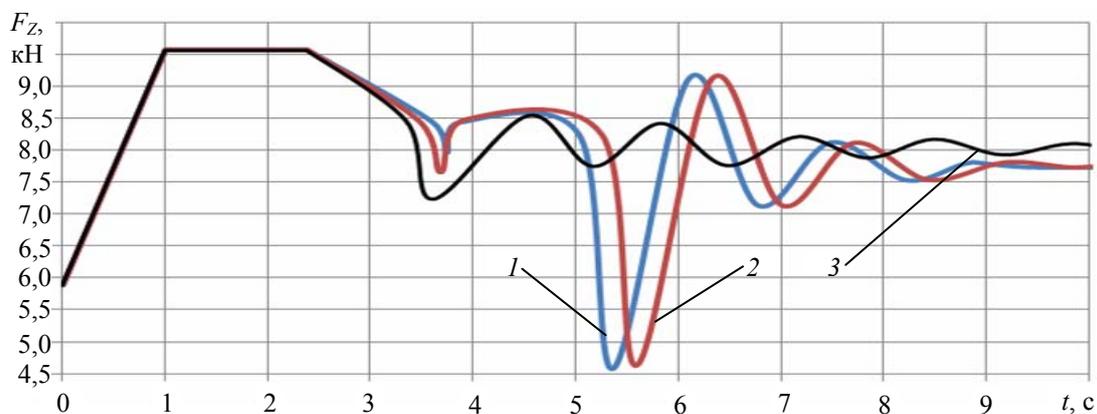


Рис. 4. Изменение усилия в шарнире наклона ЗСУ F_z при среднем объеме хлыста $0,27 \text{ м}^3$:
1 – полнота 0,70; 2 – полнота 0,85; 3 – полнота 1,00 (зависание дерева)

Увеличение полноты до 1,0 приводит к зависанию дерева, при этом максимальное значение вертикальной составляющей усилия в шарнире наклона ЗСУ достигает значения 7303,9 Н. Эта величина составляет 98,3% от усилия, возникающего при создании предварительного натяга дерева. При горизонтальном расположении дерева усилие F_Z равно 6689 Н.

Сравнительный анализ процессов падения дерева объемом 0,21 м³ показал, что эта операция сопровождается увеличением времени падения на 0,94–0,98 с, а максимальных возникающих усилий в шарнире наклона при создании предварительного натяга – в 1,19 раза. Реакция при горизонтальном статическом положении дерева увеличилась до 7371,0 Н.

Процесс падения дерева объемом 0,21 м³ и 0,27 м³ (рис. 5) при зависании его имеет типичный затухающий характер, что указывает на меньшее влияние веса харвестерной головки на данный процесс. При этом динамическая составляющая возникающего усилия в шарнире наклона ЗСУ не превышает значений F_Z , передаваемых на лесную машину в процессе создания предварительного натяга. Величина статической составляющей реакции для дерева с объемом хлыста 0,21 м³ превышает возникающую при горизонтальном расположении дерева реакцию на 157,5 Н, а при объеме 0,27 м³ – на 305,3 Н.

Для объема хлыста 0,27 м³ продолжительность падения увеличивается на 0,50–0,53 с и 1,47–1,48 с (рис. 4), а время затухания колебаний на 1,5–3,0 с по сравнению с объемом 0,1 м³ и 0,21 м³ соответственно. Данный процесс сопровождается повышением усилия F_Z до значения 9564,0 Н при предварительном натяге, 9119,6 Н и 7737,0 Н в случаях падения и статичного горизонтального положения предмета труда.

Анализ приведенных на рис. 3 и 4 зависимостей показал, что при полноте древостоя 1,0, независимо от среднего объема хлыста, происходит его зависание при падении, что требует от оператора дополнительных затрат времени на сталкивание.

Исследованиями подтверждено, что величина предварительного натяга существенного влияния на процесс падения дерева не оказывает. При ее изменении в диапазоне 1,2–1,4 от веса обрабатываемого дерева значения возникающих реакций отличаются не более чем на 5,82% при натяге и 2,52% в процессе падения дерева и последующего взаимодействия кроны с землей. Увеличение данного параметра позволяет уменьшить необходимую для срезания дерева мощность и

повысить качество торцевого среза за счет снижения вероятности образования трещины и скола [5].

3. Исследование влияния внешних силовых факторов на процесс падения дерева. Горизонтальная составляющая реакции F_Y в шарнире наклона ЗСУ составляет до 44,8 Н при объеме хлыста 0,1 м³, до 49,6 Н при объеме 0,21 м³, до 60,8 Н при объеме 0,27 м³. В случае валки дерева против ветра, скорость которого 9,5 м/с, величина горизонтальной составляющей в шарнире увеличивается в 3,5–4,1 раза. При валке дерева по ветру, скорость которого составляет 10 м/с, F_Y достигает 7,2% от общей величины реакции в шарнире наклона ЗСУ. В связи с этим существует необходимость учета данной величины при рассмотрении устойчивости лесозаготовительной машины в критических случаях нагрузения.

Ветровая нагрузка оказывает существенное влияние на продолжительность процесса падения дерева. В случае совпадения ее направления с направлением валки происходит сокращение времени падения на 0,8 с, однако данный процесс сопровождается увеличением амплитуды нагрузочных колебаний. При этом максимальное значение реакции в шарнире наклона не превышает усилия, создаваемого при предварительном натяге. Осуществление валки дерева против ветра, скорость которого превышает 9,5 м/с, приводит к падению дерева по направлению ветра, при скорости ветра от 8,5 м/с до 9,5 м/с и полноте насаждения 0,85 происходит зависание деревьев.

На рис. 5 представлены зависимости, отражающие влияние внешних силовых параметров на процесс падения и возникающие нагрузки в шарнире наклона харвестерной головки. При этом процесс падения дерева, учитывающий действие всех внешних сил, имеет ярко выраженный участок взаимодействия крон, приводящий к снижению инерционных сил и возникающих динамических реакций. Максимальное значение усилия F_Z , возникающее при взаимодействии кроны с землей, составляет 9542,3 Н и достигается в случае рассмотрения процесса падения дерева по ветру без учета воздействия крон стоящих деревьев и воздушной среды.

Увеличение времени процесса валки на 0,1 с происходит при действии воздушной среды, на 0,2 с – при взаимодействии крон деревьев. Ветровая нагрузка уменьшает продолжительность процесса на 0,6 с в случае ее совпадения с направлением валки.

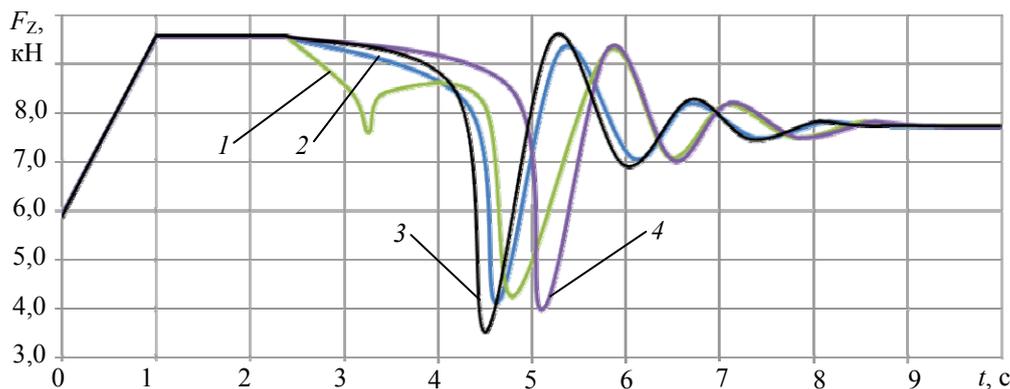


Рис. 5. Изменение усилия F_z в шарнире наклона ЗСУ при среднем объеме хлыста $0,27 \text{ м}^3$ и скорости ветра $10,0 \text{ м/с}$, направление которого совпадает с направлением валки:

- 1 – учитываются все действующие усилия; 2 – не учитывается взаимодействие крон деревьев;
3 – не учитывается взаимодействие крон деревьев и действие сил сопротивления воздушной среды;
4 – действие всех сил, оказывающих сопротивление падению дерева, не учитывается

Анализ приведенных на рис. 3–5 зависимостей показал, что наименьшее влияние на вертикальную составляющую реакции в шарнире F_z при рассмотрении процесса падения дерева в динамике оказывает взаимодействие крон, учет которого снижает динамику процесса до 3,1%. Амплитуда колебательного процесса уменьшается на 2,6–17,7% за счет действия воздушной среды. Ветровая нагрузка оказывает наибольшее влияние среди рассматриваемых внешних силовых факторов на величину горизонтальной составляющей реакции в шарнире наклона харвестерной головки F_y . Данная величина достигает $289,4 \text{ Н}$ при объеме хлыста в $0,27 \text{ м}^3$.

При рассмотрении критического случая нагружения технологического оборудования и базового шасси лесозаготовительных машин манипуляторного типа следует учитывать значение и направление ветровой нагрузки, увеличение которой изменяется по параболическому закону от скорости ветра. При оценке эксплуатационных свойств данной лесозаготовительной техники скорость ветра принимают равной 10 м/с [5], при этом ветровая нагрузка для древостоя с объемом хлыста $0,1 \text{ м}^3$ составила 128 Н , для объема $0,21 \text{ м}^3$ – 215 Н , для $0,27 \text{ м}^3$ – 290 Н . Поскольку высота приложения данного усилия составляет $0,80$ – $0,87$ от высоты дерева, создаваемый момент способствует преодолению сопротивлений, возникающих при взаимодействии крон, и снижает вероятность зависания дерева при полноте древостоя, равной единице, совпадения направления ветра и направления валки. В случае их противоположного направления появляется вероятность падения дерева в направлении ветра.

Заключение. Процесс валки дерева состоит из отдельных операций и приемов ра-

боты, взаимовлияние которых необходимо рассматривать в комплексе факторов, присущих для технологического процесса. При работе машин валочного типа на рубках промежуточного пользования представляется необходимым учет усилий, возникающих от взаимодействия крон, действия ветровой нагрузки и воздушной среды. Учет перечисленных величин приводит к изменению возникающих реакций в шарнире наклона ЗСУ до 17,7%. Максимального значения указанные величины достигают при создании предварительного натяга, которые для деревьев со средним объемом хлыста $0,10 \text{ м}^3$, $0,21 \text{ м}^3$ и $0,27 \text{ м}^3$ составляют $7,43 \text{ кН}$, $8,81 \text{ кН}$ и $9,56 \text{ кН}$ соответственно.

Литература

1. Мохов, С. П. Оценка параметров валочно-сучкорезно-раскряжевой машины для рубок промежуточного пользования / С. П. Мохов, С. Е. Арико // Труды БГТУ. – 2011. – № 2 (140): Лесная и деревообработ. пром-сть. – С. 45–48.
2. Полетайкин, В. Ф. Обоснование параметров расчетных деревьев при проектировании лесопогрузчиков / В. Ф. Полетайкин // Химия растительного сырья. – 1998. – № 2. – С. 87–90.
3. Бурмак, П. С. Исследование устойчивости валочно-пакетирующих машин против опрокидывания: дис. ... канд. техн. наук: 05.06.02 / П. С. Бурмак. – Химки, 1975. – 140 л.
4. Асмоловский, М. К. Выбор и обоснование динамических параметров узкозахватной валочной машины: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / М. К. Асмоловский. – Минск, 1993. – 170 л.
5. Люманов, Р. Машинная валка леса / Р. Люманов. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 280 с.

Поступила 14.03.2012