

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*232.315.4

Л. Т. СВИРИДОВ

Воронежская государственная лесотехническая академия

Свиридов Леонид Тимофеевич родился в 1948 г., окончил в 1975 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин Воронежской государственной лесотехнической академии, академик РАЕН, член Академии естествознания РФ. Имеет более 150 печатных работ в области изучения механизированных процессов обработки лесных семян и их физико-механических характеристик.



УДАРНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СЕМЕНА ХВОЙНЫХ ПОРОД ПРИ ИХ ОБРАБОТКЕ

Рассмотрена задача для ударных воздействий рабочих органов обескряливателя на семена хвойных пород при обработке. Получено выражение, позволяющее численным методом рассчитать напряжения, возникающие в семенах при соударении. Даны рекомендации по отдельным режимам и параметрам барабанных обескряливателей.

The problem of shock effect of dewinger operating units on seeds of coniferous species has been investigated. The equation is derived, making it possible to estimate with numerical method the strains arising in the seeds at the collision. The recommendations are given on the specific conditions and parameters of barrel dewingers.

Отечественные семяочистительные машины пока недостаточно совершенны. В процессе их работы семена травмируются, главным образом в питателе и обескряливающем барабане.

В настоящее время используют наиболее эффективный и перспективный дифференцированный способ воздействия рабочих органов на семена при их обескряливании. Он включает две стадии: 1 – предварительное обескряливание при подаче семян; 2 – окончательное отделение крылаток непосредственно в барабане. Для реализации данного способа создан ряд

шнеково-щеточных питателей, параметры которых обоснованы нами при решении контактной задачи удара [5]. Некоторые исследователи считают, что обескряливающие барабаны бильного типа травмируют семена меньше, чем штифтовые [3, 6]. Однако следует признать, что семена в основном травмируются при обработке в обескряливателях. Природа травмирования семян хвойных пород пока никем не исследована.

В обескряливателях барабанного типа отделение крылаток от семян происходит в результате неупругого удара рабочего органа о частицы, трения их о рабочие поверхности и прохождения через отверстия сетчатых полотен. При перемещении по рабочей поверхности частицы также ударяются о проволочные грани сетки. Наибольшие деформации семена испытывают от ударных воздействий и при контакте с проволочной сеткой.

В данной работе рассмотрена задача для первого случая. При этом принято во внимание, что травмирование семян в обескряливателе в основном обусловлено его конструкцией и технологическими режимами работы. Другие факторы (грибковые болезни, несоблюдение режимов сушки в шишкосушильниках) нами не учитывались.

При подаче семян из загрузочного бункера в обескряливатель происходит их неупругий удар о щеточные элементы рабочих органов и верхнюю часть барабана. Наиболее опасен удар о верхнюю часть. Для определения возникающих напряжений рассмотрим процесс соударения семян в предположении, что верхняя часть нашего барабана покрыта упругодеформируемым материалом, например резиной. Удар происходит в результате резкого изменения скорости за небольшой промежуток времени. Это явление можно уподобить падению тела или его движению в горизонтальной плоскости со скоростью V [1].

Будем считать, что при ударе кинетическая энергия T_k ударяемого семени полностью превращается в потенциальную энергию U_d упругодеформируемого материала поверхности [2]:

$$T_k = \frac{m_c V_y^2}{2}; \quad (1)$$

$$U_d = \frac{P_d \epsilon}{2}, \quad (2)$$

где m_c — масса семени;

V_y — скорость соударения семени с поверхностью, которую можно принять равной окружной скорости вращения рабочих органов обескряливателя;

P_d — сила, действующая на соударяемую поверхность при ударе семени;

ϵ — суммарная деформация соударяемой поверхности (ϵ_n) и семени (ϵ_c).

При динамическом действии нагрузки зависимость между деформацией и возникающим напряжением подчиняется закону Гука, т. е. в нашем

случае модули упругости поверхности материала и семени сохраняют свои величины. Тогда [2, 4]

$$\varepsilon_n = \frac{P_d \delta_n}{E_n F_k}; \quad \varepsilon_c = \frac{P_d c_c}{E_c F_k} \quad (3)$$

где δ_n – толщина соударяемой с семенем поверхности;

c_c – толщина семени;

E_n, E_c – модули упругости соударяемой поверхности и семени;

F_k – площадь контакта соударяемой поверхности и семени.

Рассматривая семена хвойных пород как трехосный эллипсоид, определяем приближенно площадь контакта F_k , принимая во внимание, что контакт с поверхностью происходит продольной плоскостью семени:

$$F_k = 2 F_\delta \varepsilon / c_c,$$

где $F_\delta = \pi a b = \pi a_c b_c / 4$;

a, b, c – соответственно большая, средняя и меньшая полуоси эллипсоида, $a = a_c / 2$; $b = b_c / 2$; $c = c_c / 2$ (где a_c, b_c, c_c – соответственно длина, ширина и толщина семени).

Поскольку при $\varepsilon = 0$ площадь $F_k = 0$, а при $\varepsilon = c_c$ $F_k = F_\delta$, то

$$F_k \approx \pi a_c b_c (\varepsilon_n + \varepsilon_c) / 2c_c. \quad (4)$$

Если иметь в виду, что ε_n и ε_c – деформации поверхности соударения и семени в центре контакта, то их средние (физические) значения

$$\varepsilon_{n,\phi} = \frac{1}{2} \varepsilon_n, \quad \varepsilon_{c,\phi} = \frac{1}{2} \varepsilon_c.$$

Тогда

$$\begin{aligned} \varepsilon_{n,\phi} &= \frac{P_d \delta_n}{2 E_n F_k}; \quad \varepsilon_{c,\phi} = \frac{P_d c_c}{2 E_c F_k}; \\ \varepsilon = \varepsilon_{n,\phi} + \varepsilon_{c,\phi} &= \frac{P_d \delta_n}{2 E_n F_k} + \frac{P_d c_c}{2 E_c F_k} = \frac{P_d}{2 F_k} \left(\frac{\delta_n}{E_n} + \frac{c_c}{E_c} \right) \end{aligned} \quad (5)$$

На основании закона сохранения энергии $T_k = U_d$, или

$$\frac{m_c V_y^2}{2} = \frac{P_d (\varepsilon_{n,\phi} + \varepsilon_{c,\phi})}{2} \quad (6)$$

Подставляя значения ε_n и ε_c в выражение (6) и решая относительно P_d , получаем

$$P_d^2 = \frac{4 m_c V_y^2 E_n E_c F_k}{2 \delta_n E_c + c_c E_n} \quad (7)$$

Разделим обе части уравнения (7) на F_k^2 :

$$\frac{P_d^2}{F_k^2} = \frac{4 m_c V_y^2 E_n E_c}{F_k (2 \delta_n E_c + c_c E_n)} \quad (8)$$

Учитывая, что $P_d/F_k = \sigma_k$ — напряжение в месте контакта, получаем выражение для определения напряжения в семени при его соударении с покрытием:

$$\sigma_k^2 = \frac{4m_c V_y^2 E_n E_c c_c}{\pi a_c b_c (\varepsilon_{n,\phi} + \varepsilon_{c,\phi})(2\delta_n E_c + c_c E_n)}. \quad (9)$$

Преобразуем выражение (9) в более удобный для расчетов вид. Для этого выразим $\varepsilon_{n,\phi}$ и $\varepsilon_{c,\phi}$ через другие параметры. Из выражения (5)

$$P_d = \frac{2F_k(\varepsilon_{n,\phi} + \varepsilon_{c,\phi})}{\delta_n / E_n + c_c / E_c}; \quad U_d = \frac{P_d(\varepsilon_{n,\phi} + \varepsilon_{c,\phi})}{2}.$$

Тогда

$$U_d = \frac{F_k(E_n + E_c)}{(\delta_n + c_c)(\varepsilon_{n,\phi} + \varepsilon_{c,\phi})^2}.$$

Но так как $T_k = U_d$, а из выражения (4) $F_k = \frac{\pi a_c b_c (\varepsilon_{n,\phi} + \varepsilon_{c,\phi})}{2c_c}$, то

окончательно находим

$$\sigma_k^3 = \frac{2m_c V_y^2 E_n^2 E_c^2 c_c}{\pi a_c b_c (2\delta_n E_c + c_c E_n)^2}. \quad (10)$$

Из уравнения (10) видно, что напряжения, возникающие в семенах при соударении, зависят от массы семени, скорости его удара о поверхность, модулей упругости поверхности и семян, толщины эластичного покрытия. Анализ данного выражения свидетельствует, что при постоянных значениях массы, размерных показателей и модуля упругости семян хвойных пород напряжения при соударении можно значительно снизить, уменьшая скорость вращения рабочих органов обескряливателя и увеличивая толщину эластичного покрытия, а также применяя в качестве внутренней рабочей поверхности материал с малым модулем упругости (резина, прорезиненный материал и т. д.). Расчет на ЭВМ «Электроника-60» показал, что если, например, соударяющую поверхность покрыть резиной толщиной $\delta_n = 0,5 \times 10^{-3}$ м с модулем упругости $E_n = 200$ МПа, то для семян сосны обыкновенной при $a_c = 3,87 \cdot 10^{-3}$ м, $b_c = 2,38 \cdot 10^{-3}$ м, $c_c = 1,36 \cdot 10^{-3}$ м, $m_c = 5,62 \cdot 10^{-6}$ кг, $E_c = 165$ МПа напряжение в семени будет равно $\sigma_k = 2,9$ МПа при скорости $V_y = 2$ м/с. Если толщину покрытия увеличить, а остальные исходные данные оставить без изменения, то для разных скоростей вращения рабочих органов получим различные значения напряжений (рис. 1). Из графика видно, что с увеличением толщины покрытия значения σ_k уменьшаются. Зная скорость вращения рабочих органов и допускаемые напряжения разрушения семян хвойных пород, можно определить толщину упругодеформируемого материала.

Сравнивая численные значения напряжений, представленные на графике рис. 2, с полученными нами ранее значениями разрушающих на-

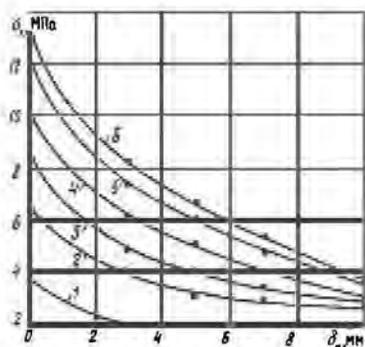


Рис.1. Влияние толщины покрытия δ_p на напряжения σ_k , возникающие в семенах сосны при различной скорости обработки V : 1 – 1, 2 – 2, 3 – 3, 4 – 4, 5 – 5, 6 – 6 м/с

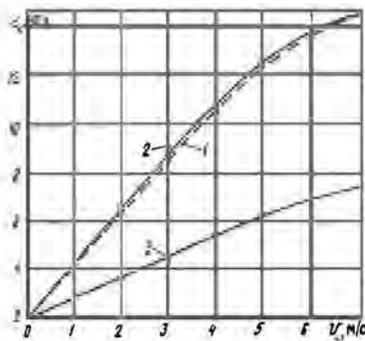


Рис.2. Влияние скорости соударения V_y на напряжения σ_k , возникающие в семенах: 1 – сосна, ель, $\delta_p = 0$; 2 – лиственница, $\delta_p = 0$; 3 – сосна, $\delta_p = 5$ мм

пращений в семенах [6], можно заключить, что при отсутствии эластичного покрытия скорость 2,7...2,8 м/с будет приводить к возникновению напряжений, увеличивающих степень травмирования семян. В то же время из графика рис. 1 следует, что покрытие рабочей поверхности обескряливающего барабана эластичным материалом, например резиной толщиной 5 мм, позволяет снизить напряжения в семенах в 2,0 – 2,5 раза. Скорость обработки семян сосны обыкновенной 3,0 м/с приводит к возникновению в них напряжений, близких к предельным, поэтому она должна быть несколько меньше. Увеличение толщины покрытия позволяет повысить скорость вращения рабочих органов (см. рис. 1), однако незначительно, так как кроме эластичного материала в обескряливателе есть сепарирующая сетчатая поверхность, изготовленная из стальной проволоки.

Таким образом, выражение (10) позволяет численным методом рассчитать напряжения, возникающие в семенах в процессе обескряливания с учетом их технологических и механических характеристик при различных скоростях обработки. Сравнивая эти напряжения с допускаемыми, можно установить предельные и наилучшие режимы обработки и толщину покрытия внутренней поверхности обескряливателя. Для обработки семян сосны, ели и лиственницы, имеющих примерно одинаковые показатели допускаемых напряжений, скорость 3,0 м/с является предельной, при этом толщина внутреннего покрытия должна быть не менее 5 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Александров Е.В., Соколинский В.Б. Прикладная теория и расчеты ударных систем. - М.: Наука, 1977. - 199 с. [2]. Алферов С.А., Панов А.А. Механическая повреждаемость зерна при ударе//Механизация и электрификация сельского хозяйства.- 1981.- № 3.- С. 50-51. [3]. Каверин В.В. Добывание, обескряливание и очистка хвойных семян.- М.: Гослестехиздат, 1935.- 84 с. [4]. Саусвелл Р.В. Введение в теорию упругости для инженеров и физиков/Пер. с англ.