

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАХВАТА СТЕБЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ВИЛЬЧАТЫМ МЕХАНИЗМОМ

Валерий Дубровин, Александр Еременко, Сергей Выговский

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Украина, г. Киев, ул. Героев Оборона, 15

Valeriy Dubrovin, Alexander Yeremenko, Sergey Vigovskiy

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Heroiv Oborony Str., 15, Kiev, Ukraine

Аннотация. Изложен методологический подход к раскрытию физической сути явлений, которые возникают на рабочих органах вильчатого захвата, разработана графоаналитическая модель стеблевых материалов для проведения теоретических исследований технологических процессов. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании технических средств для выполнения погрузочных работ со стеблевой массой.

Ключевые слова: стеблевые материалы, совокупность, вильчатый захват, явления, графоаналитическая модель, процессы, исследования.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Побочная продукция аграрных производств, в частности солома зерновых, крупяных, масличных и др. культур, листостебельная масса кукурузы, подсолнуха, традиционно используется в животноводстве как грубый корм и подстилочный материал, в отапливаемых системах как биосырье, в растениеводстве для защиты почвы от ветровой и водной эрозии, на предприятиях по производству плодов и овощей в закрытом грунте, органических удобрений, грибов, белково-витаминных кормовых дрожжей, вермикултур, целлюлозы, метанола, лигнина и т. д. [1-5].

Для повышения эффективности хранения и транспортировки стеблевые материалы прессуют в прямоугольные и рулонные тюки, плотность которых составляет 90...150 кг/м³, формируют в стога, скирды, плотность которых – 40...85 кг/м³ [3, 5, 6]. Данные совокупности характеризуются неоднородностью структуры и физико-механических свойств стебельных частиц.

Для проведения теоретических исследований процессов взаимодействия рабочих органов машин с совокупностью стеблей целесообразно идеализировать структуру этих материалов. Это можно достичь методом разработки графоаналитической модели стеблевой массы, которая своими технологическими свойствами будет адекватно описывать реальный объект. Такой методологический подход способствует уменьшению влияния случайных факторов, рациональному определению теоретических закономерностей протекания реологических процессов в стеблевых материалах [7, 8].

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

За результатами исследований [4-10] известно, что совокупности соломенных и др. стеблевых материалов сохраняют, в основном, свою форму и структуру на вильчатых рабочих органах за счет связности материала. Анализ научных трудов относительно определения связности стеблей динамометрическим способом [11] свидетельствует о том, что исследовался только слой валка или монолит стеблевой совокупности [3, 6, 12]. Исследователи, как правило, рассматривали внешние факторы процессов [11, 13], а не физическую сущность сцепления стеблей в совокупности. Результаты экспериментов [11, 14] часто содержат противоречия, поэтому для исключения неадекватных выводов их нежелательно применять без уточнения в теоретических исследованиях, конструкционных и технологических расчетах.

Внимания заслуживают аналитические исследования [15] явления связности для обоснования механико-технологических основ проектирования технических средств.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАХВАТА СТЕБЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ВИЛЬЧАТЫМ МЕХАНИЗМОМ

Предложена аналитическая модель стеблевой совокупности, которая состоит из стержней-стеблей. При этом сделаны допущения о том, что стержни имеют конечную длину и свойства упругости, ориентированы в пространстве произвольно и не имеют полойной укладки. Выводы этих исследований следующие: увеличения средневзвешенной длины стержней и их количества в единице объема, а также возрастание действия внешних сил повышают связность стеблевой массы.

По результатам исследований [5, 6, 8, 10, 16-19] известно, что в совокупности стеблевой массы в результате механического воздействия рабочих органов машин могут одновременно происходить несколько реологических процессов. Например, длительная механическая нагрузка (давление) вызывает ползучесть и деформацию материала [10, 16, 20], что сопровождается снижением напряжения, т.е. происходит релаксация. При нагрузке меньше граничной стеблевой материал проявляет, в основном, свойства упругости, а при нагрузке больше граничной – характеризуется, как пластическая среда, и его деформация существенно возрастает [6, 8, 16, 17, 20, 21]. Поэтому совокупности растительных стержней (стеблей) можно определить в первом приближении как упруго-пластическая среда [4, 6, 8, 9, 18, 22].

Короткий анализ результатов исследований свидетельствует о том, что связность стеблей в совокупности есть сложным физическим явлением из-за наличия многих случайных факторов и неоднородности стеблевой массы. Недостаточная изученность процесса захвата стеблевой совокупности вильчатыми рабочими органами предполагает дополнительные исследования в этом направлении.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка и обоснование графоаналитической модели стеблевой совокупности, исследования теоретических закономерностей процесса захвата стеблевых материалов вильчатым устройством для повышения эффективности конструкторско-проектных работ по созданию и усовершенствованию по-

грузочно-транспортных механизмов с вильчатыми рабочими органами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассмотрим захват совокупности стеблей на примере осуществления процесса смежными рабочими органами вильчатого устройства (рис. 1, а, б). Для проведения аналитических исследований процесса выдвинута следующая гипотеза:

рабочие органы (пальцы) проникают под совокупность стеблей, образуя зоны напряженно-деформированного состояния. При подъеме над пальцами возрастают напряжения и деформации, изменяется структура материала между пальцами (рис. 1, в), в частности, стебли изгибаются и смещаются, что приводит к разрушению нижнего слоя и осыпанию частиц, утративших связность с соседними. В верхней области между пальцами стиснутые стебли образуют силовой свод, который обеспечивает целостность всей совокупности.

В основу исследований положены механико-математические методы:

- аналитическое моделирование совокупности стеблей с сохранением их основных естественных свойств;
- аналогии, предусматривающие тождественность уравнений, которые описывают разные явления, но не изменяют их сути;
- математическое моделирование системы “стебли – совокупность – захватное устройство” с решением дифференциальных уравнений.

Для определения теоретических зависимостей между рабочими органами и материалом разработана графоаналитическая модель совокупности стеблей, которая своими свойствами отображает реальный объект и характеризуется следующими допущениями:

1 - структура модели воспринимается как совокупность стержней, имитирующих стебли, расположенных горизонтальными слоями;

2 - стержни имеют одинаковую длину l_c и диаметр d_c , упруго пластичные свойства и поддаются сжатию в поперечном пересечении;

3 - пространства между стержнями заполнены шариками, имитирующими мелкую фракцию, долю которой определяют для конкретного материала;

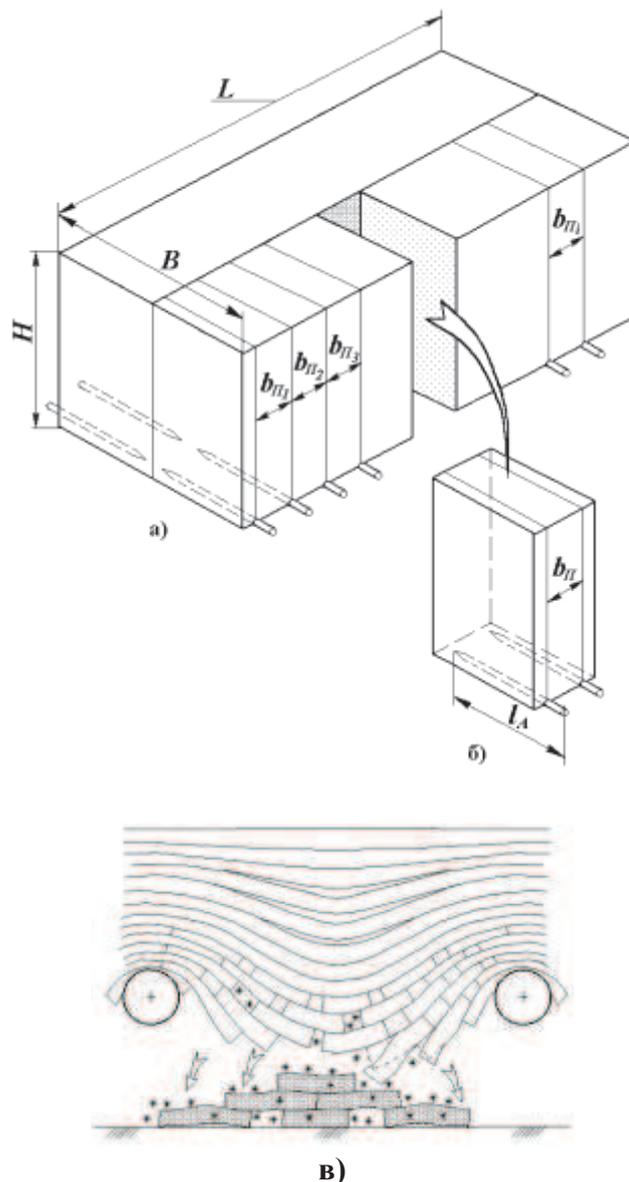


Рис. 1. Схема захвата совокупности стеблей (а) и ее части (б) вильчатым механизмом; в – зависание стеблей на пальцах
Fig. 1. Chart of capture of aggregate of stems (а) and her part (б) by the forked mechanism; в is hanging up of stems on fingers

4 - размеры стержней значительно меньше размеров совокупности, поэтому структуру модели, при необходимости, можно заменить равнозначной в механическом понимании сплошной средой;

5 - сила трения частиц модели по поверхности рабочих органов пропорциональна нормальной силе, а угол трения стержней равняется углу естественного укуса.

Вероятные способы размещения стержней модели в поперечном разрезе (рис. 2, а, б) определяются “углом давления” ψ [18, 22] между осью направления подъема совокупности и общей нормалью к стержням в точке их контакта. Угол ψ изменяется от 0° до 60° .

В предельном случае при $\psi = 60^\circ$ (рис. 2, а) общая нормаль к стержням 1 и 2 в точке их контакта совпадает по направлению с силой. Поэтому стержень 1 действует на стержень 2 непосредственно, без участия боковых сил.

Проведенный анализ свидетельствует, что модель является эквивалентной в механическом понимании реальному объекту, если принять размещение стержней с углом $\psi = 45^\circ$ (рис. 2, б), что в силовом отношении представляет клинчатый механизм [22]. В пространствах между контактными стержнями 1 и 2 размещаются частицы 3, имитирующие мелкую фракцию.

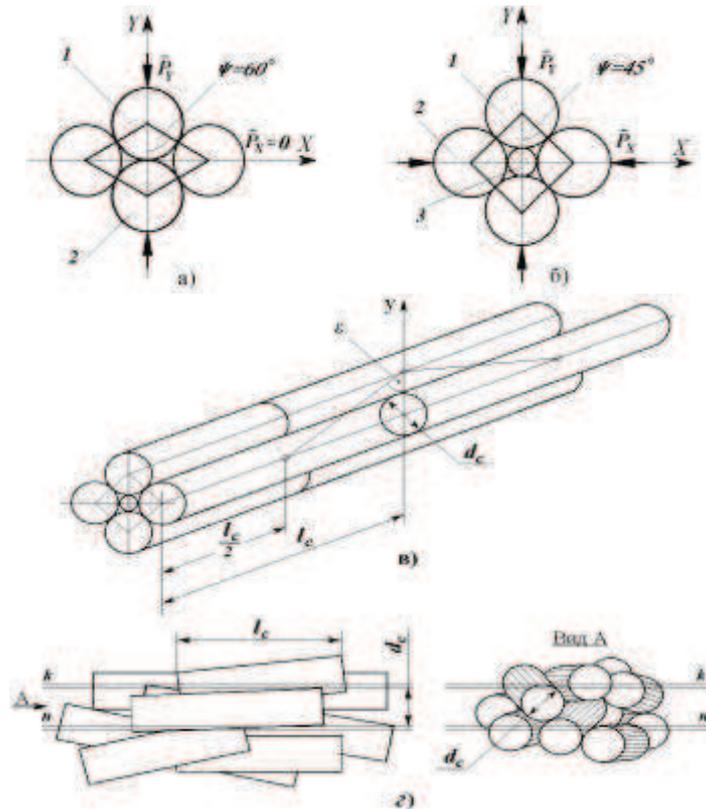


Рис. 2. Схема размещения стержней модели: а, б – поперечное размещение стержней; в – продольное размещение; г – элементарный слой стеблей

Fig. 2. Chart of placing of model bars: а, б is the transversal placing of bars; в is the longitudinal placing; г is an elementary layer of stem

В продольной плоскости стержни размещены встык и со сдвигом на половину длины в смежных рядах (рис. 2, в). Угол ε между вертикальной осью Y и линией, соединяющей центры масс стержней, является размерной характеристикой модели. При $\angle \varepsilon \rightarrow 180^\circ$, $l_c \rightarrow \infty$; при $\angle \varepsilon = 90^\circ$, $l_c = 2,8 d_c$ и т. д.

Для обоснования способа укладывания стержней модели выделим в реальной совокупности стеблей плоскостями $k-k$ и $n-n$ (рис. 2, г) элементарный слой толщиной d_c . Стебли выделенного слоя находятся в контакте со смежными, потому каждая пара определяется своими углами ψ и ε . В элементарном объеме осевые \bar{P}_y и боковые \bar{P}_x силы (рис. 2, а, б), а также размеры l_c и d_c , являются определенными величинами и отвечают наиболее вероятным значениям углов ψ и ε . Поэтому угол ψ есть эквивалентом силовой характеристики элементарного слоя, а угол ε - размерной характеристики.

Замена дискретной структуры стеблевого материала сплошной средой (см. допущение 4) позволяет рассматривать нижнюю часть модели как пластину с упруго пластичными свойствами. Тогда после замены действия веса совокупности соответствующей нагрузкой целесообразно применять в исследованиях расчетные методы из теории сопротивления материалов [22].

Обоснованные предположения 1-4 способствуют выяснению физической сути явления действия рабочих органов на стеблевый материал с точки зрения дискретности и непрерывности протекания технологического процесса.

Перемещения стеблей в процессе их захвата сопровождаются трением касательных поверхностей. В реальных условиях трения между частицами материала близко к признакам сухого трения. Поэтому сухое трение между стержнями, когда тангенс угла естественного укуса материала равняется коэффициенту трения “стебель по стеблю” предусматривает допущение 5.

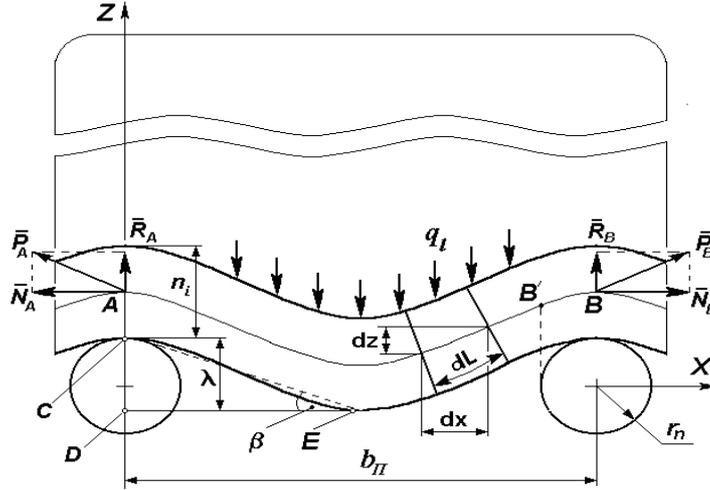


Рис. 3. Расчетная схема к определению условия неразрывности слоя стеблей
Fig. 3. Calculation chart to determination of condition of indissolubility of layer of stems

Таким образом, предложенная модель достаточно полно отражает свойства реального объекта - совокупности стеблей, что позволяет теоретически исследовать захват данного материала с высокой степенью адекватности реальным процессам.

Для определения условия неразрывности нижней части стеблевой совокупности рассмотрим ее изгиб во время захвата. Пусть основа совокупности толщиной n_l изгибается между пальцами на величину λ (рис. 3). Допускаем, что удельная нагрузка q_l неизменна при любом изгибе. Тогда в соответствии с размещением стержней в модели (рис. 2, б) толщина стеблевого слоя $n_l = d_c \cdot \cos \psi$, а $q_l = \gamma_c \cdot l_A (H - i n_l) = \gamma_c \cdot l_A (H - i d_c \cdot \cos \psi)$, где γ_c - объемный вес материала, Н/м³; l_A - длина захватного пальца, м; H - высота совокупности, м; d_c - диаметр стержня, м; i - количество стеблевых прослоек в нижней части совокупности.

Рассмотрим равновесие нижнего слоя по осевой его линии AB (рис. 3). Силы \bar{P}_A и \bar{P}_B являются результатом взаимодействия веса совокупности и реакции пальцев, они направлены по касательной к кривой изгиба. Заменяя силы \bar{P}_A и \bar{P}_B составляющими \bar{N} и \bar{R} , запишем уравнение равновесия:

$$\left. \begin{aligned} \sum x &= \bar{N}_B - \bar{N}_A = 0; \\ \sum z &= \bar{R}_A + \bar{R}_B - q_l \cdot b_{II} = 0; \\ \sum M_B &= \bar{R}_A \cdot b_{II} - 0,5 q_l \cdot b_{II}^2 = 0. \end{aligned} \right\} (1)$$

С уравнения (1) следует, что

$$\bar{N}_A = \bar{N}_B = \bar{N}, \text{ а } \bar{R}_A = \bar{R}_B = 0,5 \cdot q_l \cdot b_{II}. (2)$$

первыми членами, имеем

$$dL_C = \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{dz}{dx} \right)^2 \right] dx.$$

Подставив производную $\frac{dz}{dx} = \frac{q_l \cdot b_{II}}{2\bar{N}} - \frac{q_l \cdot x}{\bar{N}}$, полученную из выражения (3), интегрируем

$$\begin{aligned} L_C &= \int_0^b \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{q_l \cdot b_{II}}{2\bar{N}} - \frac{q_l \cdot x}{\bar{N}} \right)^2 \right] dx = \\ &= b_{II} \left[1 + \left(\frac{q_l \cdot b_{II}}{2\sqrt{6}\bar{N}} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

Тогда с учетом (4) длина изогнутого слоя $L_{\bar{N}} = b_i + \frac{8\lambda^2}{3b_i}$, а удлинение его $\Delta L_{\bar{N}}$ между пальцами после подъема совокупности составляет:

$$\Delta L_{\bar{N}} = L_{\bar{N}} - b_i = \frac{q_l^2 \cdot b_i^3}{24\bar{N}^2} = \frac{8\lambda^2}{3b_i}. (5)$$

Как отмечено раньше, изгиб материала между пальцами образуется относительным сдвигом стеблей под воздействием растягивающих сил $\sum \bar{P}_i$, а натяжение нижнего слоя обеспечивают горизонтальные состав-

ляющие $\sum \bar{N}_i$. Сдвигу частиц препятствуют силы связности материала $\sum \bar{S}_i$. Известно [16, 20], что для изогнутых пологих слоев расхождения между наибольшим значением силы P^{\max} и натягом N незначительны.

$P^{\max} \approx N^{\max}$. Учитывая уравнивание растягивающих сил силами связности, допускаем приближенное равенство:

$$N^{\max} \approx P^{\max} \approx S^{\max} \quad (6)$$

Поэтому с достаточной для практических расчетов точностью можно утверждать, что

Наибольшее значение растягивающая сила P^{\max} имеет при $x = 0$; $x = b_{II}$

С учетом равенства (6) математическое выражение для силы связности S^{\max} можно записать

$$P_{\kappa}^{\max} = \sqrt{P_X^2 + P_Z^2} =$$

так:

$$= 0,5q_l \cdot b_{II} \sqrt{\left(\frac{b_{II}}{4\lambda}\right)^2 + 1} \approx S^{\max} \quad (7)$$

Тогда, уравнение (5) с учетом (6) и (7) имеет вид:

$$\Delta L_C = \frac{q_l^2 \cdot b_{II}^3}{24S^2} = \frac{2,67 \cdot b_{II} \cdot \lambda^2}{b_{II}^2 + 16\lambda^2}$$

Для определения величины сдвига δ стержней при изгибе нижнего слоя рассмотрим пространство прямоугольного треугольника CDE (рис. 3) с катетами $(0,5 b_{II}, \lambda)$ и гипотенузой $- 0,5L_C = \lambda/\sin \beta$, где β - угол, образованный сторонами CE и DE , град. Причем, угол β близок по величине к углу наклона касательной. Тогда сдвиг стержней в слое составляет:

$$\delta = 0,5(L_C - b_{II}) = \frac{\lambda}{\sin \beta} - 0,5b_{II} \quad (8)$$

Подставив в (8) равенство $0,5b_{II} = \lambda/\operatorname{tg} \beta$ (рис. 3) и проведя математические превращения, получим $\delta = \lambda \cdot \operatorname{tg}(0,5\beta)$. Для предельных значений силы $\bar{S}_{ГР} \rightarrow \bar{S}^{\max}$ до разрыва слоя стеблей имеем $\delta_{ГР} = \lambda_{ГР} \operatorname{tg}(0,5\beta_0)$, где $\lambda_{ГР}$ и β_0 - значения величин λ и β при условии неразрывности.

Исходя из выражения $\operatorname{tg} \beta = 2\lambda/b_{II}$ при $\beta = \beta_0$, имеем $\beta_0 = \operatorname{arctg}(2\lambda/b_{II})$. Учитывая ма-

лую величину угла β_0 , допускаем [20], что $\beta_0 \approx 2 \operatorname{arctg}(\lambda_{ГР}/b_{II})$.

Как видно из проведенных расчетов, изгиб нижнего слоя на угол β_0 происходит в момент, когда внешние разрушающие силы уравниваются силой связности материала. Следовательно, за своей физической сутью тангенс угла β_0 соответствует коэффициенту f_c внутреннего трения стеблей в совокупности, то есть $\operatorname{tg} \beta_0 \approx 2\lambda_{ГР}/b_{II} \approx f_c$.

Приняв допущение о том, что $\operatorname{tg} \beta_0 \approx 2 \operatorname{tg}(0,5\beta_0)$, получаем

$$f_c \approx 2 \operatorname{tg}(0,5\beta_0) \quad (9)$$

Разрыв нижнего слоя при захвате не наблюдается при уменьшении расстояния между пальцами до величины приблизительно равной длине стеблей. Но это способствует увеличению материалоемкости вильчатого механизма, сопротивлению со стороны материала и повышению энергоемкости процесса загрузки. Поэтому расстояние между пальцами устройства целесообразно устанавливать в рациональных пределах, а внутреннее трение (связность) материала должно предупредить текучесть стеблевой массы между пальцами механизма.

Для определения условия неразрывности нижней части совокупности между захватными пальцами воспользуемся соотношением $\lambda_{ГР}/l_C$ [11], так называемого "коэффициента сопротивления разрыва" k_P

$$\text{Откуда } \lambda_{ГР} = k_P \cdot l_C \quad (10)$$

Проведя математические превращения, учитывая (9) и (10), имеем условие неразрывности нижнего слоя стеблей в окончательном виде:

$$\frac{5,3 \cdot b_{II} \cdot k_P \cdot l_C}{f_c [b_{II}^2 + 16(k_P \cdot l_C)^2]} \leq 1 \quad (11)$$

Подставивши в условие (11) значение величин b_{II} и l_C как в реальных процессах, построены (рис. 4) графические зависимости $Y = f(b_{II}, l_C)$ при $k_P = 1,2$ [11].

Как видно из графика (рис. 4), разрыв нижней части измельченных стеблей ($l_C = 0,1$ м) происходит при $b_{II} > 0,22$ м (кривая 1, точка a). С увеличением связности материала (кривая 2) разрыв вероятный при $b_{II} \geq 0,28$ м (точка b). В соответствии с зави-

симостью 3 разрыв нижнего слоя совокупности происходит при средневзвешенной длине стеблей $l_C < 0,14$ м. Это значит, что во время захвата совокупности измельченных стеблей, длина l_C которых не меньше $0,15-0,20$ м, при расстоянии между захватными пальцами $b_{II} = 0,3$ м (точка c) нижний слой не разорвется.

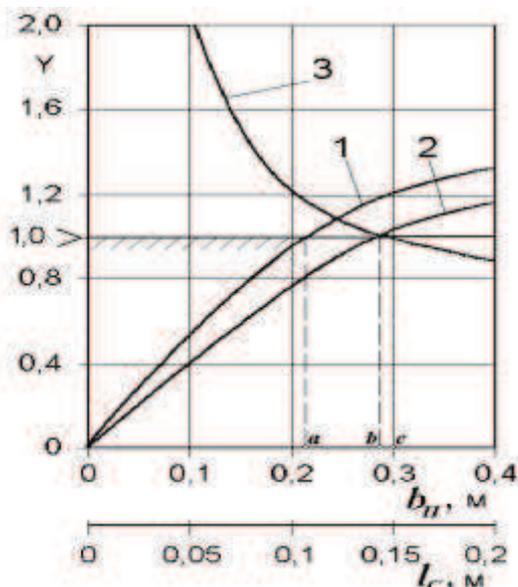


Рис. 4. График условия неразрывности слоя стеблей:

Fig. 4. Chart of condition of indissolubility of layer of stems:

1 - $Y = f(b_{II})$ при $f_C = 0,4$; $l_C = 0,1$ м;

2 - $Y = f(b_{II})$ при $f_C = 0,5$; $l_C = 0,1$ м;

3 - $Y = f(l_C)$ при $f_C = 0,5$; $b_{II} = 0,3$ м;

Y - цифровое значение условия неразрывности (11).

ВЫВОДЫ

1. Неоднородность структуры и физико-механических свойств стеблевых материалов, как побочной продукции аграрных производств, наличие большого количества случайных факторов в технологических процессах, в т.ч. на погрузочно-разгрузочных работах, является основанием разработки графоаналитической модели стеблевой совокупности с обоснованными допущениями.

2. Вильчатые захватные устройства просты по конструкции и технологически надежны, поэтому широко применяются в технических разработках. Вместе с этим, процессы захвата и транспортировки стеблевых материалов с помощью таких механиз-

мов недостаточно изучены, а научно-методические основы для проектирования данных технических средств требуют уточнения и усовершенствования.

3. Изучение явления захвата совокупности стеблей вильчатым рабочим органом позволило описать физику процесса и довести его сложность как результат влияния стохастических величин. Разработанная графоаналитическая модель достаточно полно отражает свойства стеблевой массы, что позволяет проводить теоретические исследования с высокой степенью адекватности реальному процессу.

4. Полученное в результате исследований математическое выражение неразрывности нижнего слоя стеблевого материала позволяет обосновать технико-технологические параметры вильчатого механизма, например, расстояние между захватными пальцами должно быть $0,3-0,35$ м для измельченной до $0,1-0,2$ м стеблевой массы. Вместе с тем, возникает необходимость исследовать механику разрыва нижней части стеблевого материала при увеличенных геометрических параметрах захвата вильчатых механизмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Steynifort A.R. 1983: Soloma zlakovykh kultur. - М.: Kolos.- 160.
2. Biopaliva 2004: Biopaliva (tehnologii, mashini i obladnannya) / V.O. Dubrovin, M.O. Korchemniy, I.P. Maslo, O. Sheptitskiy, A. Rozhkovskiy, Z. Pastorek, A. Gzhibek, P. Cvich, T. Amon, V.V. Krivoruchko. - К.: TsTI "Energetika i yelektrifikatsiya". - 256.
3. Lipkovich E.I., Zhukov V.Ya., Shabanov N.I. 1984: Kompleksnaya mekhanizatsiya zagotovki solomy i polovy. - М.: Rosselkhozizdat. - 206.
4. Kovalev N.G. 1998: Selskokhozyaystvennyye materialy (vidy, sostav, svoystva) / N.G. Kovalev, G.A. Khaylis, M.M. Kovalev. - М.: Agrarnaya nauka. - 208.
5. Yeremenko O.I. 2004: Udoskonalennyya tekhnologichnogo protsesu ta obgruntuvannya osnovnikh parametriv samozavantazhnogo stogovoza: Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk: 05.05.11 / Nats. nauk. tsentr «In-t mekh. ta yelektr. sil. gosp-va». - Glevakha: - 20.
6. Osobov V.I., Vasilyev G.K., Golyanskiy A.V. 1974: Mashiny i oborudovaniye dlya

- uplotneniya seno-solomistykh materialov. – M.: Mashinostroyeniye. – 232.
7. Yeremenko A.I. 1990: Teoreticheskiye polozheniya protsessa zakhvata stoga vilchatym rabochim organom // Mizhvid. temat. nauk. zb. "Mekhanizatsiya ta yelektrifikatsiya silskogo gospodarstva". – K.: Urozhay. – Vyp. 72. – 23-28.
8. Khaylis G.A. 2002: Mekhanika rastitelnykh materialov. – K.: UAAN. – 374.
9. Nedovesov V.I., Galenko M.D. 1976: K opredeleniyu fiziko-tekhnologicheskikh svoystv nezernovoy chasti urozhaya kak obyektu dlya mekhanizirovannogo skirdovaniya // Mekh. i elektr. sel. khoz-va. – K.: Urozhay. – Vyp. 36. – 38-42.
10. Yeremenko O.I., Kuzmich Ya.A. 2005: Prostorova model povedinki stogu solomistogo materialu na zakhvatnikh paltsyakh pristroyu // Mizhvid. temat. nauk. zb. "Mekhanizatsiya ta yelektrifikatsiya silskogo gospodarstva". – Glevakha: NNTs "IMESG". – Vip. 89. – 328-335.
11. Zhalnin E.V. 1971: Dinamometricheskyy sposob otsenki obshchey svyaznosti solomistykh chastits v sloye // Mekh. i elektr. sots. sel. khoz-va. – M.: – №8. – 49-52.
12. Koegel R.G. 1985: Quantification of mechanical losses in forage harvesting // Trans. of ASAE. – V.28. – №4. – 1047-1051.
13. Boltanskaya N. 2011: Obosnovaniye konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov separiruyushchikh poverkhnostey zhaluziy nykh reshet zernouborochnykh kombaynov // MOTROL. – Lublin. – 13B. – 111-116.
14. Bioenergiya 2009: Bioenergiya v Ukraini – rozvitok silskikh teritoriy ta mozhlivosti dlya okremikh gromad: Naukovo-metodichni rekomendatsii / [V.O. Dubrovin, M.D. Melnichuk, Yu.F. Melnik ta in.] – K.: NUBiP Ukraini. – 122.
15. Nedovesov V.I., Mikitenko M.R. 1986: Mekhaniko-tekhnologicheskyye osnovy razrabotki stogoobrazovatelya // Tr-ry i s.-kh. mashyny. – №7. – 23-24.
16. Atomistika 1985: Atomistika razrusheniya // Novoye v zarubezhnoy nauke: Per. s angl. / Pod red. R.V. Goldshteyna. – M.: Mir. – Vyp. 40. – 246.
17. Yeremenko O.I. 2001: Rezultati doslidzhen protsesu pozdovzhnogo stisnennya stogu, obruntuvannya dovzhini robochoi kameri pristroyu ta vibir klasu traktora // Mizhvid. temat. nauk. zb. "Mekhanizatsiya ta yelektrifikatsiya silskogo gospodarstva". – Glevakha: NNTs "IMESG". – Vip. 85. – 123-127.
18. Yeremenko O.I., Kuzmich Ya.A., Gondar V.B. 2009: Obruntuvannya grafoanalitichnoi modeli strizhnevikh silskogospodarskikh materialiv // Naukoviy visnik Natsionalnogo universitetu bioresursiv i prirodozohoristuvannya Ukraini. – K.: – Vip.134, ch. 2. – 138-145.
19. Novitni 2010: Novitni tekhnologii bioyenergo-konversii: monografiya / [Ya.B. Blyum, G.G. Geletukha, I.P. Grigoryuk ta in.] – K.: Agrar Media Grup. – 360.
20. Cherepanov G.P. 1983: Mekhanika razrusheniya kompozitsionnykh materialov. – M.: Nedra. – 296.
21. Loveykin V. 2012: Optimizatsiya rezhimov kolebaniy zernovykh smesey pri nalichii sukhogo treniya / V. Loveykin, Yu. Chovnyuk, V. Kulyk // MOTROL Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin. – Vol. 14, № 3. – 140-147.
22. Svetlitskiy V. A. 1987: Mekhanika sterzhney / V 2-kh ch. – M.: Vysshaya shkola, – Ch. 1. – 320.

RESEARCH OF PROCESS OF CAPTURE OF STEM MATERIALS BY FORKED MECHANISM

Summary. The methodological going is expounded near opening of physical essence of phenomena which arise up on workings organs of capture, the graphic analytical model of stem materials is developed for conducting of theoretical researches of technological processes. Can be drawn on got results at planning of hardwares for implementation of loadings works with stem mass.

Key words: stem materials, aggregate, forked capture, phenomena, graphic analytical model, processes, researches.