

УДК 622.647.2

О ВЫБОРЕ УГЛА НАКЛОНА ГРУЗОВОЙ ВЕТВИ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ-ПИТАТЕЛЕЙ ТЯЖЕЛОГО ТИПА

Оксень Е.И. д-р техн. наук, АДИ ДонНТУ,
Пироженко П.П., ЦРУ НГМК

Представлены результаты расчётов характера движения и влияния геометрических параметров бункера и угла наклона грузовой ветви конвейера-питателя на величину нагрузок на рабочий орган. Анализ процесса деформирования горной массы и расчёт нагрузок на рабочий орган конвейера-питателя выполнены численно на основе метода конечных элементов.

Results of calculations of character of movement and influences of geometrical parameters of the bunker and corner of an inclination of a cargo branch of a conveyor - feeder on size of loadings on working body are submitted. The analysis of process of deformation of mining weight and calculation of loadings on working body of a conveyor - feeder are executed numerically on the basis of a method of final elements.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Традиционно питатели тяжелого типа в погрузочно-разгрузочных и дробильно-перегрузочных пунктах (ДПП) для транспортирования крупнокусковой горной массы устанавливаются с подъёмом вверх под углом грузовой ветви порядка 8–10 градусов. Основным преимуществом при этом является некоторая компенсация потери высоты, затраченной на обустройство бункера, строительных сооружений, размещение оборудования (при длине транспортирования конвейера-питателя 10–12 м она составляет порядка 1,5 м). Однако, такое техническое решение, несмотря на некоторый выигрыш в высоте, приводит к увеличению нагрузок на рабочий орган, росту потребляемой мощности, снижению ресурса узлов и деталей конвейера-питателя.

Анализ исследований и публикаций. Анализ влияния угла наклона грузовой ветви конвейера-питателя не может быть выполнен на основе методики [1], поскольку при расчёте ленточных конвейеров сопротивления в местах загрузки учитываются обобщённым коэффициентом. Применение для расчёта нагрузок на рабочий орган методо-

логий [2, 3] затруднено необходимостью задания в явном виде геометрии деформирования насыпного груза в загрузочном устройстве. В работе предложено использование для анализа нагрузок на рабочий орган конвейера-питателя численного моделирования на основе метода конечных элементов по условию нахождения насыпного груза в предельном состоянии [4].

Постановка задачи. Цель работы – численный анализ влияния угла наклона грузовой ветви конвейера-питателя со свободной выдачей на величину удельных нагрузок на рабочий орган от деформирования насыпного груза и определение установочной мощности привода.

Изложение материала и результаты.

1. При организации свободной выдачи, которая характерна для транспортирования крупнокусковой недроблёной горной массы, формирование высоты слоя насыпного груза на рабочем органе осуществляется выполнением боковых стенок бункера со специальной геометрией (рис. 1), так что бы трение о материал стенок приводил к стабилизации высоты слоя на разгрузочном барабане. Рассмотрим задачу плоского деформирования насыпного груза рабочим органом конвейера-питателя. В соответствии с [5] при записи в логике метода конечных элементов уравнения достижения деформируемым массивом предельного состояния с учётом дилатационного изменения деформируемого объёма для элементов треугольной формы могут быть записаны как

$$\begin{cases} \{\sigma_{ij}\} = [D] \cdot \{\varepsilon_{ij}\} \\ \{\varepsilon_{ij}\} = [B] \cdot \{x_{ij}\} \\ \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1 & x_i & y_i \\ 1 & x_j & y_j \\ 1 & x_k & y_k \end{vmatrix} = S \cdot d \\ \alpha \cdot J_1 + \sqrt{J_2} - k = 0 \end{cases}, \quad (1)$$

где $\{\sigma_{ij}\}, \{\varepsilon_{ij}\}, \{x_{ij}\}$ – напряжения, деформации и перемещения в элементе; $[D]$ – матрица упругости материала насыпного груза в пределах устойчивости; $[B]$ – матрица формы принятого конечного элемента; S – площадь конечного элемента в недеформированном

состоянии; d – коэффициент дилатационного изменения объёма насыпного груза; c_0, ϕ_0 – внутренняя связность и коэффициент внутреннего трения; J_1, J_2 – первый и второй инварианты девиатора напряжений;

$$\alpha = \frac{\sin \phi_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \phi_0}}}{\sqrt{3}};$$

$$k = c_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{4 \cdot \sin^2 \phi_0}{\sin^2 \phi_0 + 3}}.$$

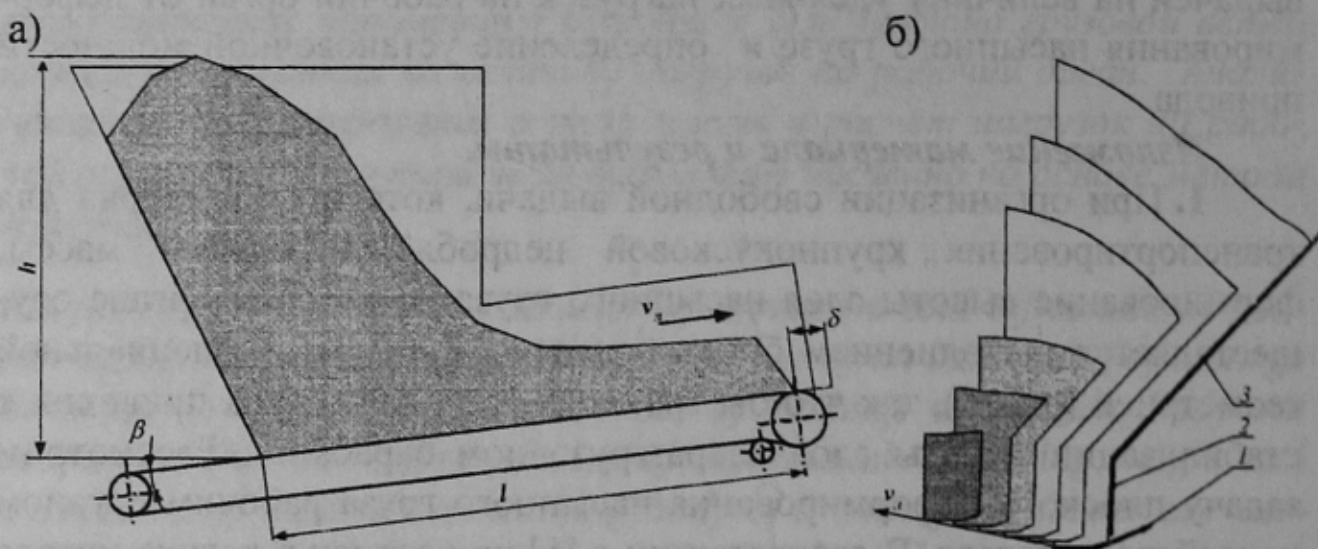


Рисунок 1 – Расчётная схема компоновки ленточного конвейера-питателя со свободной выдачей насыпного груза (δ – ведущий параметр): а) расчётная схема; б) схема формирования высоты слоя

Решения уравнений (1) могут быть получены для расчётных сечений деформирования насыпного груза в вертикальных плоскостях как совпадающих с направлением движения грузовой ветви, так и в перпендикулярных к ней соответствующим назначением геометрии границ. Рассмотрим результаты расчёта для численных значений компоновки ленточного конвейера-питателя тяжёлого типа 1КПЛ –20 –150 в дробильно-перегрузочном пункте карьера «Мурунтау» под углом наклона 8° (рис. 2) при плотности насыпного груза 1400 кг/м^3 , коэффициентах линейного и бокового деформирования $2,0 \text{ МПа}$ и $0,3$, угле внутреннего трения 46° и нулевой внутренней связности для ведущего параметра деформирования – перемещение рабочего органа. Диаграммы распределения X и Y -напряжений, а также удельного тягового усилия, рассчитанного как $f = \sigma_x \cdot \sin(\beta) + \sigma_y \cdot \cos(\beta)$, имеют выраженный максимум, расположенный на расстоянии порядка 2 м от начальной точки загрузки (рис. 3). Положение максимумов удельных нагрузок

соответствует зоне изменения направления движения слоёв НГ на диаграмме изолиний скольжения (см. рис. 2).

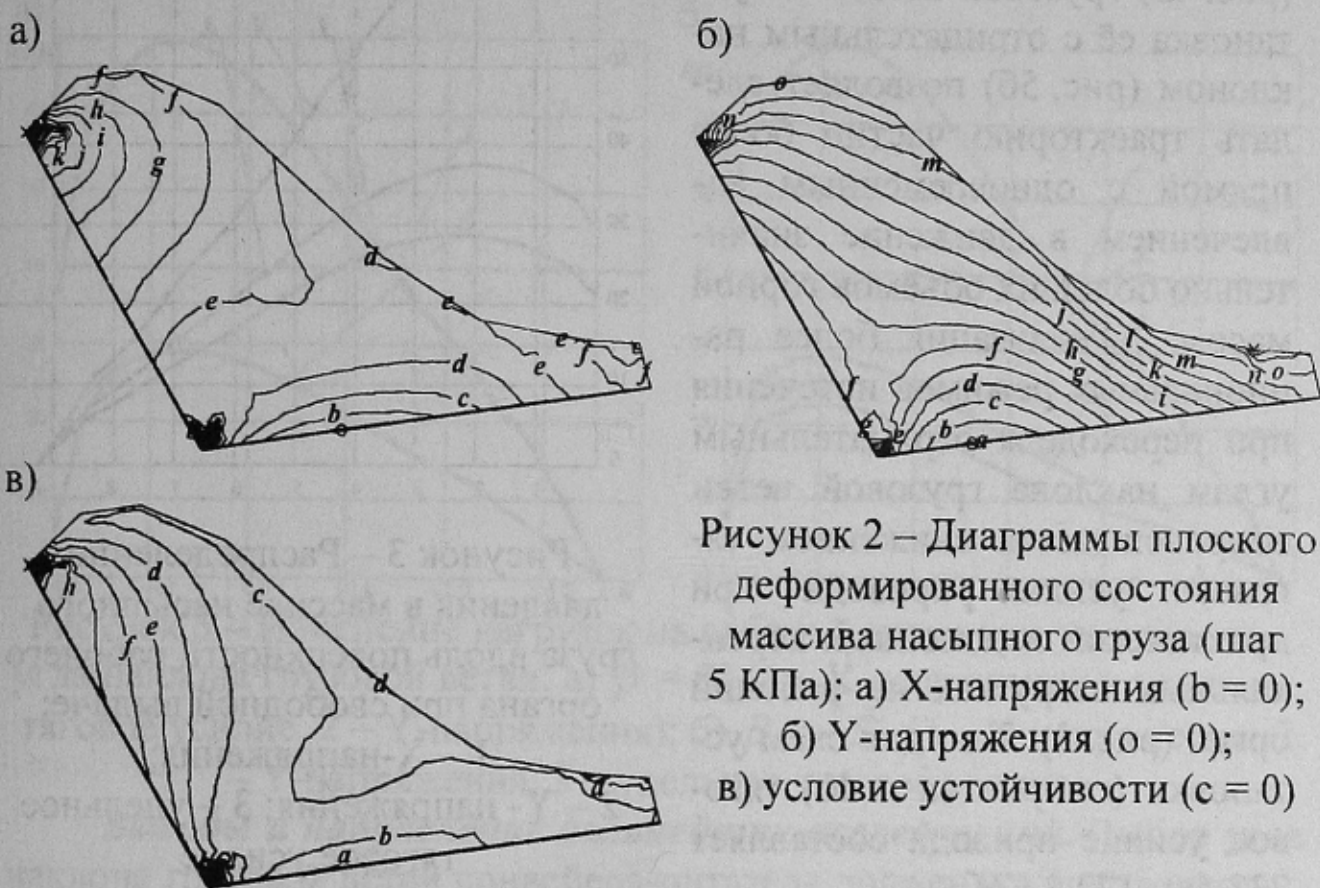


Рисунок 2 – Диаграммы плоского деформированного состояния массива насыпного груза (шаг 5 КПа): а) X-напряжения ($b = 0$); б) Y-напряжения ($o = 0$); в) условие устойчивости ($c = 0$)

Величина тяговое усилие привода, рассчитанная как $F_{3y} = b \cdot \int_0^{l_{3y}} f \cdot dl$, где l_{3y} – длина загрузочного участка грузовой ветви, а b – ширина загрузочного участка, составила 331,6 кН.

Выявленной особенностью движения насыпного груза при положительных углах наклона грузовой ветви является интенсивное скольжение в массиве в зоне задней стенки бункера (см. рис. 2в), сопровождающееся образованием «воронки» вдоль оси бункера. При выдаче крупнокусковой горной массы указанная схема движения существенный недостаток, обусловленный относительным постоянством траекторий движения частиц так, что каждый отдельный кусок повышенной крупности, вовлекаясь в движение вдоль оси воронки и практически повторяя траекторию предыдущего куска увеличивает вероятность образования локального свода или заклинивания.

2. Рассмотрим для расчётных параметров п. 1 результаты моделирования деформирования насыпного груза при расположении конвейера-питателя с различными углами наклона грузовой ветви β .

Горизонтальное расположение грузовой ветви и установка её с отрицательным наклоном (рис. 5б) позволяет сделать траекторию частиц более прямой с одновременным вовлечением в движение значительно больших объёмов горной массы. Реализация более рациональных режимов истечения при переходе к отрицательным углам наклона грузовой ветви сопровождается снижением тягового усилия привода при практически неизменных вертикальных нагрузках на рабочий орган (рис. 5). Так, для схем установки (см. рис. 4а и 4б) тяговое усилие привода составляет 233,4 и 172,1 КН.

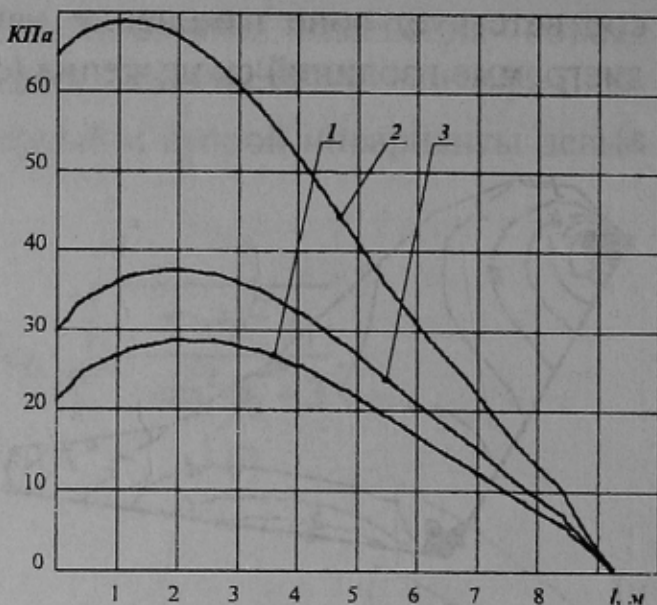
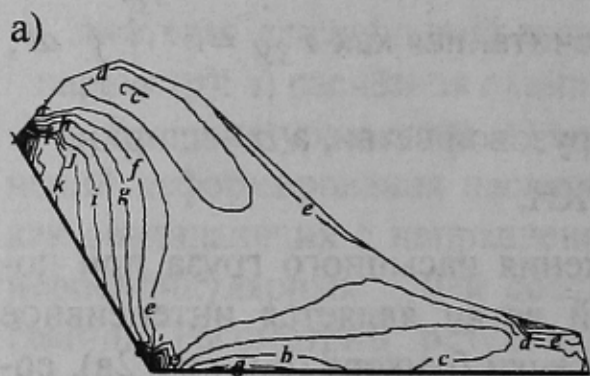


Рисунок 3 – Распределение давления в массиве насыпного груза вдоль поверхности рабочего органа при свободной выдаче:
1 – X-напряжения;
2 – Y- напряжения; 3 – удельное тяговое усилие

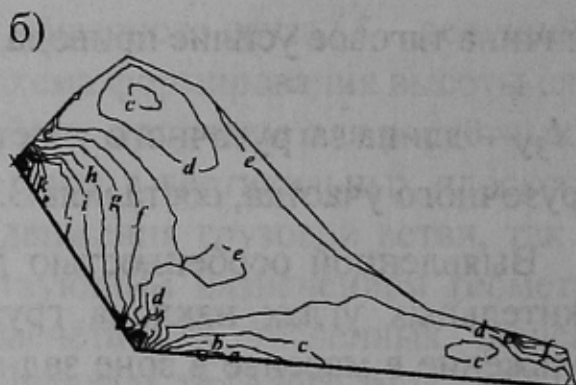


Рисунок 4 – Изменение характера деформирования массива насыпного груза при уменьшении угла наклона грузовой ветви: а) условие устойчивости при $\beta = 0^\circ$ ($d = 0$, шаг 3 КПа); б) условие устойчивости при $\beta = -5^\circ$ ($d = 0$, шаг 3 КПа)

Следует отметить, что моделирование деформирования горной массы и нагрузок на рабочий орган конвейера-питателя выполнено из условия равенства заполняемых объёмов бункера. При этом учтено, что сохранение точек разгрузки автосамосвалов и разгрузки конвейера-питателя, вызывает увеличение расчётной высоты слоя насыпного груза. Однако, для принятой в дробильно-перегрузочном пункте пирамидальной конструкции бункера изменение угла наклона грузовой

ветви конвейера-питателя от -8° до 5° не приводит к увеличению размеров бункера и его реконструкции.

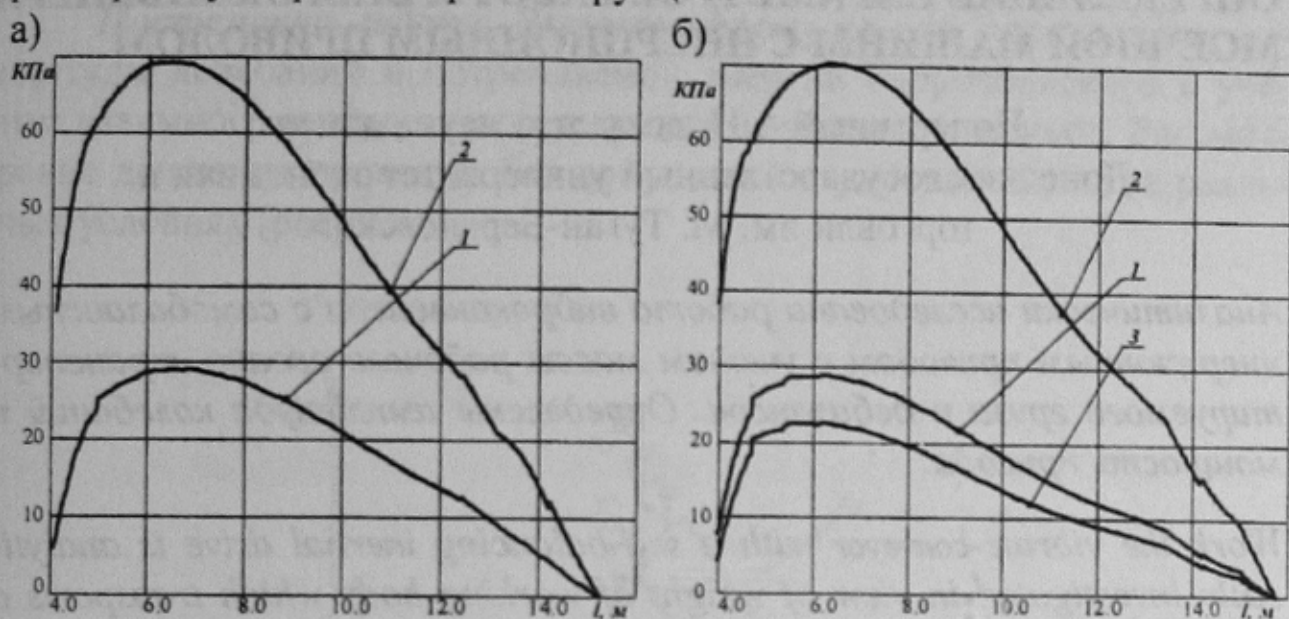


Рисунок 5 – Изменение нагрузок на рабочий орган при уменьшении угла наклона грузовой ветви: а) $\beta = 0^\circ$ (1 – X-напряжения и удельное тяговое усилие, 2 – Y-напряжения); б) $\beta = -5^\circ$ (1 – X-напряжения, 2 – Y-напряжения, 3 – удельное тяговое усилие)

Выводы и направление дальнейших исследований. Выбор угла наклона грузовой ветви конвейера-питателя должен осуществляться с учётом характера движения горной массы в бункере. Отрицательный наклон рабочего органа при неизменном вертикальном давлении существенное снижение тягового усилия привода и может быть рекомендован в качестве основного направления реконструкции дробильно-перегрузочного пункта с целью повышения надёжности его функционирования. Перспективным направлением дальнейших исследований является установление оптимальных конструкций и параметров опор грузовой ветви конвейера питателя, а также экспериментальные исследования в промышленных условиях характера их нагружения.

Список источников.

1. Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г. Теория и расчёт ленточных конвейеров. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1987. – 336 с.
2. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов. – Москва: Недра, 1964. – 214 с.
3. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. Изд. 3-е, перераб. и доп. – Москва: 1960. – 365 с.
4. Оксень Е.И. Расчёт нагружения рабочих органов питателей при выдаче насыпных грузов из бункеров // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научн. тр. – Донецк ДонГТУ, 2001. Вып. 17, с. 144-148.
5. Друккер Д., Прагер В. Механика грунтов и пластический анализ или предельное проектирование // В кн. «Определяющие законы механики грунтов». Сер. «Механика. Новое в зарубежной науке», № 2. – Москва: «Мир», 1975, с. 166-177.