

2. <http://www.neumeka.ru/>
3. <http://www.photoshop-master.ru/>
4. Смирнов, А.С. "Актуальность интернет-технологий"
5. <http://wseweb.ru/diz/obzor3.htm>
6. <http://ru.wikipedia.org/wiki/HTML>
7. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Css>

Рукопис подано до редакції 18.0312

УДК 622.647.2

Л.И. ЕФИМЕНКО, М.П. ТИХАНСКИЙ, кандидаты техн. наук, доц.
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ СТАВА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Выполнен анализ нагрузок, действующих на опорные конструкции конвейера в зависимости от грузопотока и режимов транспортирования, а также оценка влияния отдельных факторов на металлоемкость конвейерного става.

Проблема и ее связь с практическими задачами. Исходя из особенностей расчета и проектирования, а также, учитывая условия работы конкретной конструкции, оптимизация веса металлоконструкций имеет несколько направлений. К ним, в первую очередь, следует отнести задачи распределения внутренних усилий и материала в статически неопределимой системе с заданной геометрической схемой, задачи определения оптимальных и физических параметров конструктивной формы системы при заданных нагрузках. Во-вторых, сюда относятся способы автоматического регулирования режимных параметров конвейерных установок.

Анализ исследований и публикаций. К современным металлоконструкциям линейной части конвейера, а именно, конвейерному ставу предъявляется ряд требований по прочности, амортизирующей способности при динамических нагрузках, устойчивости, минимальной металлоемкости, долговечности. Анализ расчетов ряда предприятий и научно-исследовательских организаций показал, что существующие методы проектирования конвейерного става не в полной мере учитывают истинную картину его нагружения.

Основные размеры конвейерных ставов назначаются по конструктивным соображениям с привлечением отраслевых стандартов и нормалей. По принятым размерам проводятся проверочные расчеты, которые заключаются в следующем: выбирается расчетная схема секции става в виде рамы, внешние нагрузки задаются в виде статически приложенных сил от масс груза, ленты, роликоопор. Кроме того, вводится коэффициент перегрузки, величина которого колеблется от 1,2 до 1,7 без достаточного обоснования его величины.

Постановка задания. Изменение уровня скорости транспортирования, величины натяжного усилия конвейерной ленты, гранулометрического состава транспортируемого груза влечет за собой изменение расчетной нагрузки на прогоны става со стороны роликоопор. Направленное оптимальное регулирование режимных параметров позволяет снижать нагрузки на конструкции в экстремальных ситуациях, например, при транспортировании особо крупных кусков, при запусках конвейера. Это позволяет уменьшить сечение элементов конструкций без потери прочности при проектировании или увеличить долговечность и надежность у действующих конвейеров.

Изложение материала и результаты. Рассмотрим решение задачи оптимизации массы поддерживающих конструкций с учетом определяющих условий появления максимальных усилий от основных и дополнительных видов нагрузки.

Представим массу конвейерного става в виде функционала

$$C = \sum_{j=1}^n l_j [\sigma]^{-1} m_j,$$

где l - длина j -го участка конвейерного става, см; $[\sigma]$ - допускаемое напряжение для материала прогонов и стоек, кг/см²; m_j - линейная масса элемента, зависящая от суммарного изгибающего момента $m_j = f(M_{i\Sigma})$ приложенного у несущей балке секции става.

Согласно принятой расчетной схеме нагрузок, действующих на продольную балку секции

става, очевидно, что здесь действует поперечный изгиб, при котором в каждом поперечном сечении балки, помимо изгибающего момента, есть еще и поперечная сила. В таком случае, как известно, надо делать проверку прочности или подбирать размеры сечения балки по опасному сечению. Значит и суммарный момент определяется для опасного сечения, как сумма моментов от вертикальных и горизонтальных P_i^{Γ} составляющих возмущающих сил, т.е.

$$M_{i\Sigma} = \sqrt{(M_i^B)^2 + (M_i^{\Gamma})^2}.$$

Кроме того, его можно представить, как сумму моментов действующих от основных и дополнительных видов нагрузок без учета защемления балки:

$$M_{i\Sigma} = M_n + M_k + M_T + M_d,$$

где M_n, M_k, M_m, M_d - соответственно изгибающие моменты, вызванные от потока груза, кусков, тягового усилия и дополнительных нагрузок.

Таким образом, подставляя в функционал металлоемкости величину максимально-допустимой нагрузки, определим массу конвейерного става, а подставляя загрузку от потока груза, от крупных кусков, тягового усилия получим часть массы става обусловленную данным фактором. Отношение части массы става, обусловленной отдельным фактором, к общей массе конвейерного става дает весовую значимость (в %) каждой из основных нагрузок в формировании металлоемкости. Произведем расчет, пользуясь данными для конвейеров производства ПО НКМЗ типа ЛК 5250 (15341PP).

Нагрузка от потока, как говорилось, зависит от гранулометрического состава, скорости транспортирования, натяжения и других факторов и составляет 45-50 % от общей нагрузки в установившемся режиме, что по расчету определяет 50-58 % массы става

$$C_n / C = \left[\frac{\sum_{j=1}^n l_j [\sigma]^{-1} f(M_n)}{\sum_{j=1}^n l_j [\sigma]^{-1} f(M_{i\Sigma})} \right] \cdot 100\% = 50 + 58\%,$$

где C_n - часть массы конвейерного става, обусловленная величиной нагрузки на конвейер от потока груза; $f(M_n)$ - погонная масса элемента, зависящая от потока материала.

Нагрузка от транспортирования отдельных крупных кусков с малым количеством подсыпки или без подсыпки вообще сопровождается ударами кусков о роликоопоры и составляет в процентах от общей нагрузки

$$M_k \cdot 100\% / M_{i\Sigma} = 16 \div 20\%,$$

что в общем весе секции става составляет

$$C_k / C = \left[\frac{\sum_{j=1}^n l_j [\sigma]^{-1} f(M_k)}{\sum_{j=1}^n l_j [\sigma]^{-1} f(M_{i\Sigma})} \right] \cdot 100\% = 18 \div 22\%,$$

где C_k - часть массы конвейерного става, обусловленная нагрузкой от кусков груза; $f(M_k)$ - погонная масса элемента, зависящая от крупных кусков груза.

На остальные нагружающие факторы (тяговое усилие, провисшая лента с грузом, колебания) приходится до 35 % всей нагрузки, что по расчету формирует от 24 до 28 % металлоемкости става.

Во время пуска конвейера (рассматриваем пуск груженого конвейера, как более тяжелый случай) картина нагружения става несколько меняется. В начальный момент пуска нагрузка от потока материала отсутствует, так как еще нет движения (нет понятия о потоке как таковом). В этот момент на конструкции става действует момент от суммарной вертикальной нагрузки горной массы, ленты, роликоопор

$$M_{B\Sigma} = x(q_{\Gamma} + q_l + q_{p.o}),$$

где x - расстояние от опасного сечения до опоры конвейерного става, м. Момент от суммарной вертикальной нагрузки составляет в общей нагрузке при пуске

$$(M_{B\Sigma} / \sum_{i=1}^m M_{in}) \cdot 100\% = 46 \div 50\%,$$

что следующим образом отражается на металлоемкости става конвейера

$$\left[\frac{\sum_{j=1}^n l_j [\sigma]^{-1} fM_B}{\sum_{j=1}^n l_j [\sigma]^{-1} f(\sum_{i=1}^m M_{in})} \right] \cdot 100\% = 50 \div 58\%$$

где $\sum_{i=1}^m M_{in}$ - суммарная нагрузка на секцию става при пуске; m - количество роlikоопор в секции; i - порядковый номер рассматриваемой роlikоопоры в секции става.

Нагрузка от отдельных крупных кусков, в виде импульсного удара, наоборот увеличивается, т.к. изменяется скорость соударения куска с роlikоопорой при пуске. При этом нагрузка на став от кусков при пуске составляет в процентах от общей нагрузки, где $M_{кп}$ - момент, воздействующий на став конвейера от крупных кусков при пуске

$$(M_{кп} / \sum_{i=1}^m M_{in}) \cdot 100\% = 35 \div 38\%$$

что в общей металлоемкости става составляет

$$\left[\frac{\sum_{j=1}^n l_j [\sigma]^{-1} f(M_{кп})}{\sum_{j=1}^n l_j [\sigma]^{-1} f(\sum_{i=1}^m M_{in})} \right] \cdot 100\% = 24 \div 28\%$$

При пусковых режимах повышенное влияние оказывает тяговое усилие, особенно при наличии невращающихся роликков. Нагрузки от тягового усилия, усиленные воздействием на роlikоопору провисающей ленты с грузом, создают изгибающий момент M_T , который в общей нагрузке при пуске составляет 10-12 %, а в металлоемкости секции става 22-18 %.

Колебания конвейерного става, вызванные самыми разными причинами, имеют особое значение при назначении металлоемкости конструкций, особенно при решении задач по их облегчению. В большинстве своем они влияют на усталостные накопления деформации в элементах конструкций.

Долговечность элементов конвейерного става зависит от многих причин. И, как показывает опыт, основными и них являются эксплуатационные параметры конвейера, такие, как пусковые усилия, скорость транспортирования, гранулометрический состав материала. Эксплуатационные параметры оказывают разрушающее действие на опорные элементы конвейера. Повреждение, произведенное единичным воздействием разрушающего фактора, называется мерой повреждения [6], при этом меры повреждения от различных разрушающих факторов (крупные куски, регулирование скорости, пусковые режимы) различны по величине. Повреждение конструкции за определенное время равно сумме мер повреждений от различных факторов за это время и может быть выражено уравнением

$$V_{\Sigma} = f(P_T, V, m_k, t); \quad V_{\Sigma} = \sum_{t=0}^T (V_{kt} + V_{nt} + V_{pt}),$$

где P_T, V, m_k - эксплуатационные параметры конвейера, а именно: тяговое усилие привода, Н; скорость транспортирования м/с; масса крупных кусков, кг; V_{kt}, V_{nt}, V_{pt} - меры повреждения конструкций от различных факторов (кусков, пускового усилия, разных неучтенных) за время T , с; t - промежутки времени измерения, с. Мера повреждения безразмерная величина и для разрушенной конструкции равна единице [6].

Меру повреждения конструкций от ударов крупными кусками груза оцениваем следующим образом. Так, как, это повреждение также зависит от скорости транспортирования, массы крупных кусков и частоты их прохождения и может быть представлено зависимостью $V_k - F(V, m_k, \omega_{ek})$ выполним анализ степени воздействия названных эксплуатационных факторов на меру повреждения от кусков.

В условиях промышленной эксплуатации недогруженный конвейер транспортирует материал с той же скоростью, что и загруженный. При этом отдельно расположенные куски взаимодействуют с роlikоопорами, происходит импульсный удар [3,4], величина которого определяется из выражения [5]

$$P_k = m_k V \sin(\theta_2 - \theta_1) (1 + K_1) K_n \tau^{-1}$$

где m_k - масса крупного куска, кг; V - скорость транспортирования, м/с; θ_1, θ_2 - углы входа ленты на ролик, зависят от массы куска и натяжения ленты; K_1 - коэффициент восстановления при ударе о роlikоопору; K_n - нелинейный коэффициент, характеризующий подсыпку мелочи, зависящий от массы и формы куска.

Из приведенного выражения очевидно, что сила импульсного удара крупного куска о роlikоопору пропорциональна скорости транспортирования. При недогруженном конвейере регулирование по грузопотоку предполагает уменьшение скорости транспортирования. При этом

сила удара крупного куска о роликкоопору соответственно уменьшится, во-первых, в результате снижения скорости, во-вторых, за счет уплотнения груза подсыпкой более мелких фракций материала. Если считать единичное взаимодействие повреждающего фактора с элементами опорных конструкций циклом нагружения, то максимальное напряжения цикла S , в данном случае, обусловлено ударом куска массой m_k при скорости ленты V . Регулируя скорость по грузопотоку, уменьшаем величину ударной нагрузки от взаимодействия куска с роликкоопорой, т.е. снижаем максимальное напряжение цикла от удара крупным куском в элементах роликкоопоры.

При снижении максимального напряжения цикла конструкция выдержит большее число циклов нагружения до разрушения, чем прежде, что может быть представлено зависимостью $N(Sp) \gg N(S)$, здесь Sp, S - соответственно, максимальные напряжения циклов при регулировании скорости и без применения регулируемого привода.

При использовании регулируемого привода мера повреждения от единичных воздействий повреждающих факторов (в заданном случае крупных кусков) уменьшается пропорционально глубине регулирования скорости и будет равна

$$V_k = 0,5W_{ек}t\pi^{-1} < K_y N(Sp) >$$

где $W_{ек}$ - эффективная частота процесса, т.е. частота прохождения крупных кусков груза, $1/c$; t - время исследования, с; K_y - коэффициент, учитывающий увеличение количества циклов нагрузки до разрушения за счет уменьшения повреждения от единичного воздействия.

Для оценки меры повреждения конструкций от пусковых усилий привода рассмотрим нагрузки, которые испытывают элементы конвейерного става в период пуска, особенно, при трогании и возможность их снижения путем регулирования пускового момента двигателя в фазе трогания. Во время запуска грузенного конвейера усилие передаваемое лентой на став определяем по формуле

$$P_T = (P_{ст.п} + C_{эj}) \cos \lambda fn = [P_{ст.п} + C_3 D_o (2M_d i_o \eta_o - P_{ст.п} D_o) / (C_3 D_o^2) i_o^2 \eta_o] \cos \lambda fn.$$

Это усилие превышает необходимое усилие для трогания конвейера и создает дополнительную нагрузку на элементы конвейерного става и ленту. Для уменьшения пусковых нагрузок на конструкции необходимо, как выявить невращающиеся ролики, так и управлять двигателем в момент запуска конвейера. Режим запуска должен способствовать плавному и постепенному прохождению фронта волны пускового тягового усилия по ленте конвейера и уменьшать время приложения максимальных усилий на роликкоопоры и став через невращающиеся ролики, т.е. уменьшать максимальное напряжения цикла (запуска конвейера) Sn . Это в свою очередь, приведет к увеличению циклов нагружения до разрушения по этому фактору и, соответственно, к уменьшению меры повреждения

$$V_n = 5,0W_{ен}t\pi^{-1} < 1 / KN(Sn) > ,$$

здесь $W_{ен}$ - эффективная частота процесса (запусков), $1/c$.

Выводы и направление дальнейших исследований. Анализ методов расчета отдельных элементов опорных конструкций показывает, что имеется значительный разброс металлоемкости конвейеров одного вида и значения в зависимости от методик, применяемых транспортными организациями, так как, в большинстве случаев для упрощения ряд нагружающих факторов учитывают коэффициентами запаса прочности. Такой подход кроет в себе резерв снижения металлоемкости. Применение автоматизированных методов расчета опорных конструкций на ЭВМ с заданием уточненных нагрузок для наиболее тяжелых режимов работы установки, позволяет учитывать:

динамические процессы, происходящие в элементах става,
изменение грансостава груза и другие условия эксплуатации,
обеспечивает унифицированный подход к расчету.

Как следствие, снижение металлоемкости става на стадии проектирования на 10-14 % на одном конвейере типа ЛК-5250.

Список литературы

1. Новиков Е.Е., Смирнов В.К. Теория ленточных конвейеров для крупнокусковых горных пород. – К.: Наукова думка, 1998. – 184 с.

2. **Монастырский В.Ф., Максютенко В.Ю., Плехотник В.И., Бесчастный В.И.** Экспериментальные исследования грузопотока крупнокускового груза // Шахтный и карьерный транспорт. – М.: Недра, 1999. – Вып. 11. – С. 7-14.
3. **Коваль А.В.** Исследование динамических нагрузок на выбор конструктивных параметров роликоопор шахтных ленточных конвейеров: Дисс. канд. техн. наук. – М., 1995.
4. **Козлов Е.М.** Определение нагрузок на основные элементы тяжелых ленточных конвейеров ГОКов // Шахтный и карьерный транспорт. – М.: Недра, 2000. – С. 24-27.

Рукопись поступила в редакцию 19.03.12

УДК 621.926: 34.16

С.Л. ЦВИРКУН, ст. преподаватель, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРУПНОКУСКОВОЙ РУДЫ

Рассмотрена система автоматического определения кусков руды в потоке с использованием контролера на основе нечеткой логики. Приведена модель системы определения кусков руды с помощью нечеткого управления с использованием ANFIS технологии.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, нечеткая логика, нечеткая база знаний, сортировка, функций принадлежности.

Проблема и ее связь с практическими задачами. На сегодняшний день довольно трудно представить функционирование какого-либо технологического объекта без автоматизированной системы управления, в том числе и процессы магнитной сепарации кусковой руды. В условиях рыночной конкурентной борьбы предприятия вынуждены не только обеспечивать безопасность и устойчивость ведения технологических процессов, но и постоянно повышать их экономическую эффективность.

Безусловно, самым очевидным методом повышения эффективности технологических процессов является совершенствование технологических схем, аппаратного оформления технологии и режимов технологических процессов. Однако в рамках такого подхода можно извлечь лишь часть резервов экономии. Наиболее значительный эффект может быть получен за счет совершенствования автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) с включением в структуру системы интеллектуальной составляющей математического аппарата, работающего на основании алгоритмов нечеткой логики, нейронных сетей и др. Для получения блок-схемы алгоритма управления процессом магнитной сепарации кусковой руды необходимо провести анализ технологического процесса, определить место математического аппарата в структуре АСУТП и установить ограничения, накладываемые на основные параметры процесса.

Анализ исследований и публикаций. Цель управления процессом магнитной сепарации кусковой руды - получение железной руды стабильного качества, поступающей на дальнейший обогатительный передел, что влияет на снижение себестоимости и повышение технико-экономических показателей обогащения магнетитовой руды: снижение стоимости обогащения сырья, по сравнению с традиционным способом, поскольку при той же технологии обогащения руды, уменьшается количество хвостов и увеличивается количество концентрата, а также качество, сортность и потребительские свойства; повышение эффективности последующего металлургического передела со снижением расхода кокса на каждую тонну концентрата и сокращение потерь металла в шлаках на 20 %, за счет снижения потерь полезного компонента, увеличения производительности и повышения качества концентрата при обогащении сырья. Происходит снижение общих эксплуатационных расходов за счет экономии электроэнергии на гидротранспорт и укладку мокрых хвостов, а также уменьшение удельного расхода электроэнергии, шаров и футеровки при измельчении руды.

Анализ данных оперативного контроля процесса обогащения показал [1], что содержание полезного компонента в концентрате колеблется в широких пределах. В связи с этим возникла необходимость стабилизации содержания полезного компонента в железной руде. Стабилизация качества руды, поступающей на обогащение (стабилизация содержания полезного компонента в железной руде в заданных пределах) возможна путем изъятия богатой крупнокусковой руды до поступления на 1-ю стадию обогащения за счет внедрения автоматизированной систе-