

Машиностроение и машиноведение

УДК 621.0:621.867

DOI: 10.12737/article_5ac49dc2b336e4.04586141

А.А. Реутов

ВЫБОР СХЕМЫ ПРИВОДОВ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ ЗНАЧЕНИЙ КРИТЕРИЕВ

Рассмотрена задача выбора оптимальной схемы приводов ленточного конвейера с использованием нечетких значений экономических критериев. Сформирован комплекс экономических критериев, включающий абсолютные и относительные нечеткие оценки экспертов. Предложен показатель эффективности схемы приводов в виде граничного значения α -сечения суммы нечетких чисел. Рас-

смотрен пример нечеткого выбора оптимальной схемы приводов из пяти альтернатив с использованием шести критериев.

Ключевые слова: система приводов, схема приводов, ленточный конвейер, критерии оптимальности, амортизационные отчисления, многокритериальная оценка альтернатив, нечеткое число, степень принадлежности.

А.А. Reutov

CHOICE OF BELT CONVEYER DRIVE CIRCUIT USING FUZZY VALUES OF CRITERIA

The problem of optimum circuit choice for a belt conveyer with the use of fuzzy values of economic criteria is considered. The optimized parameter is a number of drive units, their power and places of installation. The requirements of the technical specification are assumed as limitations.

There is offered a complex of economic criteria having a single unit of measurement. To define relative absolute values of criteria there are used experts' fuzzy estimates presented as fuzzy numbers with the tapered membership function.

The efficiency index of the drive circuit as a

boundary value of α -section of fuzzy numbers sum is offered. Inasmuch as the efficiency index has a negative sense, then the optimum circuit is defined on the basis of minimax approach.

The example of a fuzzy choice of the drive optimum circuit of five alternatives with the use of six criteria is considered.

Key words: drive system, drive circuit, belt conveyer, optimum criteria, capital allowances, multi-objective estimate of alternatives, fuzzy number, grade of membership.

Введение

Под системой приводов (СП) понимается совокупность всех приводных блоков ленточного конвейера (ЛК). СП большинства современных ЛК имеют от одного до трех приводных блоков, установленных в головной части ЛК. Протяженные ЛК со сложной трассой дополнительно оборудуют промежуточными приводными блоками.

Приводным блоком называют отдельную составляющую СП, преобразующую электрическую или другую энергию в механическую и передающую силу тяги конвейерной ленте (КЛ). Разнообразие конструкций приводных блоков ЛК позволяет устанавливать их практически в любой точке конвейера. Схема приводов определяет положение приводных блоков на трассе конвейера и их мощность.

ЛК малой мощности имеют обычно один приводной блок. Это обусловлено стремлением упростить конструкцию конвейера и уменьшить количество перегибов КЛ. ЛК с одним приводным блоком имеет простую конструкцию, но вследствие ограниченной дуги контакта КЛ с приводным барабаном требует применения более прочной КЛ, чем ЛК с несколькими приводными блоками. Тяговое усилие приводного барабана повышают футерованием его поверхности, увеличением угла охвата КЛ, применением дополнительных устройств, прижимающих КЛ к барабану.

Для мощных ЛК использование более прочной КЛ связано с существенным увеличением капитальных затрат, поэтому при большой мощности СП (обычно более 120 кВт) конструкторы предпочитают ус-

танавливать два или три отдельных приводных блока. Установка нескольких приводных блоков приводит к увеличению количества узлов СП. Однако положительными особенностями этой конструкции являются унификация узлов, уменьшение веса и габаритов приводных блоков, стоимости резерва запасных частей.

Постановка задачи оптимизации

Объектом оптимизации в настоящей статье является схема приводов ЛК. Оптимальной считаем схему приводов с наилучшим показателем эффективности. В качестве оптимизируемых параметров рассмотрим количество приводных блоков, их мощность и места установки, в качестве ограничений – требования технического

Описание критериев

В работах, посвященных исследованию эффективности приводов ЛК, предложены различные показатели (критерии). Так, в [2] в качестве показателя эффективности СП принят коэффициент использования прочности КЛ W/S_0 , где W – максимальная сила тяги СП (Н), S_0 – максимально допустимое натяжение КЛ (Н). Однако этот критерий не учитывает затраты на приобретение и монтаж СП, эксплуатационные расходы [3].

В [4] введена целевая функция F (руб./Н), отражающая стоимость единицы тягового усилия:

$$F = C_K / W,$$

где C_K – сумма стоимостей КЛ, става со всеми устройствами, СП.

Оптимальным считают привод с наименьшим значением F , однако эта целевая функция не учитывает эксплуатационные расходы, затраты на хранение запасных частей СП.

Системный подход к выбору показателя эффективности СП ЛК возможен на основе комплекса критериев [5]. Если частные критерии имеют разные единицы измерения, то оценку i -й альтернативы выразим обобщенным критерием – взвешенной суммой

$$Q_i = \sum_j \alpha_j K_{ij},$$

где α_j – весовой коэффициент j -го критерия;

ЛК большой мощности являются уникальными транспортирующими машинами, срок службы которых достигает 10 лет и более. Выбор оптимальной схемы приводов мощного ЛК со сложной протяженной трассой – ответственная проектная задача, определяющая эффективность работы всего ЛК.

задания (ТЗ) [1].

Оптимальную схему приводов выберем из известных и апробированных схем приводов (множества альтернатив). Рассматриваемые альтернативные схемы приводов должны быть предварительно отобраны в соответствии с ограничениями ТЗ.

рива; K_{ij} – значение j -го критерия для i -й альтернативы.

В обобщенном критерии приходится совмещать критерии, характеризующие объект с разных сторон. Эти критерии имеют различную природу и оцениваются по разным шкалам. Построение обобщенного критерия невозможно без соизмерения частных критериев между собой, что требует большой дополнительной информации об относительной важности этих критериев для данной задачи. Весовой коэффициент α_j приводит j -й критерий к единице измерения обобщенного критерия.

Если критерии имеют один и тот же смысл (например: единовременные убытки, годовые расходы и т.п.) и представлены одной единицей измерения, то нет необходимости использовать весовые коэффициенты. В этом случае оценку i -й альтернативы выражают суммой значений критериев

$$Q_i = \sum_j K_{ij}. \quad (1)$$

Для выбора оптимальной схемы приводов из множества допустимых альтернатив рассмотрим следующие экономические критерии:

K_I – амортизационные отчисления от капитальных затрат на приобретение и монтаж СП.

K_2 – амортизационные отчисления от капитальных затрат на приобретение и монтаж КЛ.

K_3 – эксплуатационные расходы СП и КЛ.

K_4 – расходы на хранение резерва запасных частей СП.

K_5 – годовые убытки предприятия от снижения объема груза, перевезенного за год, из-за неполной работоспособности СП.

K_6 – снижение стоимости груза, перевезенного за год, из-за ухудшения его качества при перегрузках.

Критерии $K_1...K_6$ имеют единую единицу измерения (руб./год или \$/год) и приведены к одному периоду времени – календарному году.

Определение значений критериев K_{ij}

Нечеткие оценки экспертов

Для определения относительных и абсолютных значений критериев необходимо использовать знания экспертов. При этом требуется обеспечить согласованность экспертных оценок, учесть возможные различия уровня компетентности экспертов, использовать процедуры повышения согласованности на основе технологии обратной связи [6]. Длительного опыта проектирования или эксплуатации ЛК может оказаться недостаточно для успешного выбора оптимальной альтернативы, поэтому необходимо тестирование экспертов на способность предоставления корректных значений критериев. В качестве тестовых заданий могут использоваться реальные ЛК с разными СП, технические и эксплуатационные показатели которых известны.

Определение четких значений критериев связано с большими трудозатратами, а в ряде случаев просто невозможно из-за отсутствия исходных и справочных данных. В общем случае эксперты могут давать нечеткие оценки числовых значений критериев с использованием теории нечетких множеств.

Числовое значение критерия K_{ij} или K_{ij}^* представим нечетким множеством B :

$$B = (x, \mu(x)), \quad x \in R, \quad \mu \in [0, 1],$$

всех альтернатив в единой для всех критериев единице измерения требует значительного времени и трудозатрат. Сократить трудозатраты и время многокритериальной оценки альтернатив возможно, если определить значения критериев в принятой единице измерения только для одной, например первой, альтернативы. Для оставшихся альтернатив следует использовать экспертные оценки относительных значений критериев

$$K_{ij}^* = K_{ij} / K_{1j}.$$

Переход от относительных значений критериев к абсолютным значениям осуществляют по формуле

$$K_{ij} = K_{ij}^* / K_{1j}. \quad (2)$$

где R – множество действительных чисел; μ – степень принадлежности элемента x нечеткому множеству B .

Степень принадлежности отражает степень уверенности экспертов в правильности конкретного значения x . Например, $\mu = 1$ означает согласованное достоверное значение критерия, $\mu < 1$ – возможное значение. Носитель нечеткого множества B (множество возможных значений критерия) может быть представлен как дискретными значениями, так и непрерывным интервалом.

Если в оценке значения критерия участвует один эксперт, он задает нечеткое множество B прямым способом или вычисляет степени принадлежности через матрицу парных сравнений. При совместной работе нескольких экспертов степень принадлежности i -го значения j -го критерия нечеткому множеству определяют как усредненное мнение экспертов [7].

Поскольку при вычислении показателя эффективности Q_i необходимо складывать и перемножать нечеткие значения критериев K_{ij} и K_{ij}^* , представим их нечеткими числами с трапецевидной функцией принадлежности. Для арифметических операций с нечеткими числами применим α -уровневый принцип обобщения. В ре-

зультате получим n нечетких чисел Q_i , где

n – количество альтернатив.

Выбор оптимальной схемы приводов

Нечеткие значения показателя эффективности Q_i ($i = 1 \dots n$) имеют разные размеры носителей и ядер. Для выбора оптимальной альтернативы сравним α -сечения показателя эффективности $Q_{i\alpha}$ ($i = 1 \dots n$). Уровень α устанавливает минимальное значение функции принадлежности μ_i нечеткого числа Q_i , учитываемое при сравнении альтернатив (рис. 1). С увеличением отношения размера носителя к размеру ядра нечеткого числа Q_i значение

α необходимо увеличивать. Это повышает достоверность оценок.

Если показатель эффективности Q_i имеет негативный смысл (расходы, отложения, убытки), то оптимальной является альтернатива, соответствующая минимуму Q_i . Показатель эффективности каждой альтернативы представлен двумя величинами – $\min Q_{i\alpha}$ и $\max Q_{i\alpha}$, граничными значениями α -сечения $Q_{i\alpha}$ ($i = 1 \dots n$).

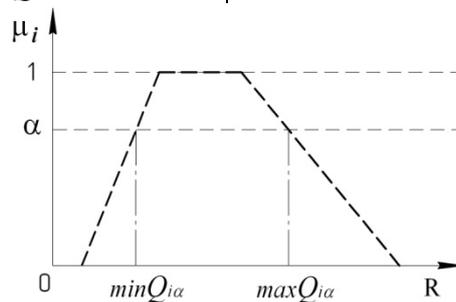


Рис. 1. Нечеткое представление показателя эффективности Q_i (μ_i – функция принадлежности, $\min Q_{i\alpha}$ и $\max Q_{i\alpha}$ – граничные значения α -сечения)

Применив минимаксный подход, определим оптимальную схему приводов как наилучшую альтернативу

$$A_o = \arg \min(\max Q_{i\alpha}), \quad i = 1 \dots n. \quad (3)$$

Пример выбора оптимальной схемы приводов

Рассмотрим в качестве примера выбор оптимальной схемы приводов для ЛК угольной шахты «Варндт/Луизенталь» [8]. Длина трассы конвейера – 4583 м, высота подъема – 591 м, производительность – 2400 т/ч.

Рассмотрим пять альтернативных схем приводов, соответствующих требованиям ТЗ:

A_1 – один приводной блок в головной

части ЛК (рис. 2);

A_2 – два приводных блока в головной части ЛК (рис. 3);

A_3 – три приводных блока в головной части ЛК (рис. 4);

A_4 – два приводных блока с прижимной лентой в головной части ЛК (рис. 5);

A_5 – два приводных блока в головной части ЛК и один приводной блок в средней части ЛК (рис. 6).

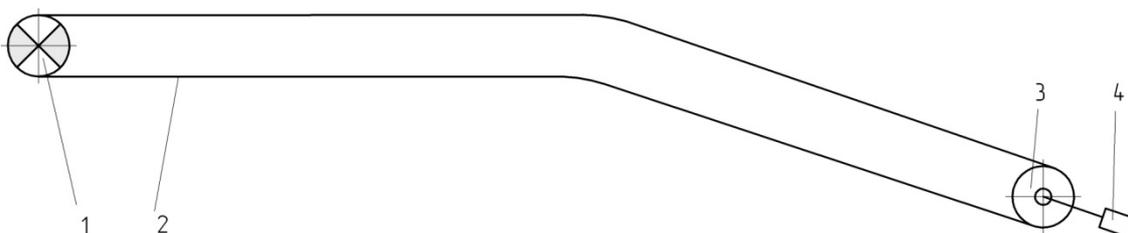


Рис. 2. Схема ЛК с одним приводным барабаном в головной части: 1 – приводной барабан; 2 – КЛ; 3 – натяжной барабан; 4 – натяжное устройство

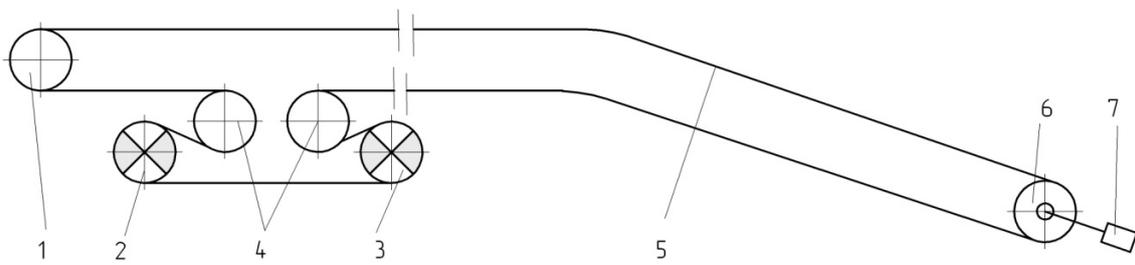


Рис. 3. Схема ЛК с двумя приводными барабанами в головной части: 1 – головной барабан; 2 и 3 – приводные барабаны; 4 – отклоняющие барабаны; 5 – КЛ; 6 – натяжной барабан; 7 – натяжное устройство

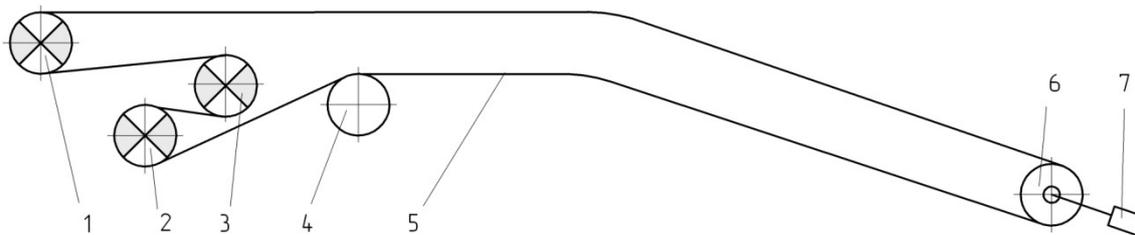


Рис. 4. Схема ЛК с тремя приводными барабанами в головной части: 1, 2 и 3 – приводные барабаны; 4 – отклоняющие барабаны; 5 – КЛ; 6 – натяжной барабан; 7 – натяжное устройство

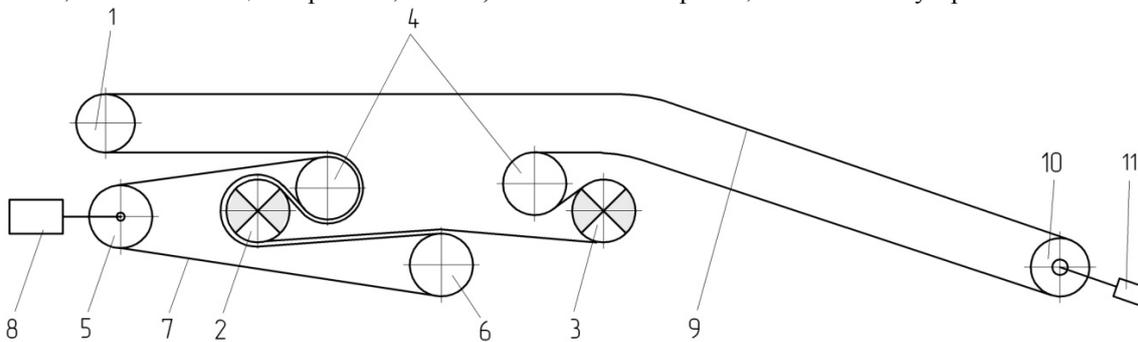


Рис. 5. Схема ЛК с двумя приводными барабанами и прижимной лентой в головной части: 1 – головной барабан; 2 и 3 – приводные барабаны; 4 – отклоняющие барабаны; 5 и 6 – компенсационный и отклоняющий барабаны; 7 – прижимная лента; 8 – натяжное устройство прижимной ленты; 9 – КЛ; 10 – натяжной барабан; 11 – натяжное устройство

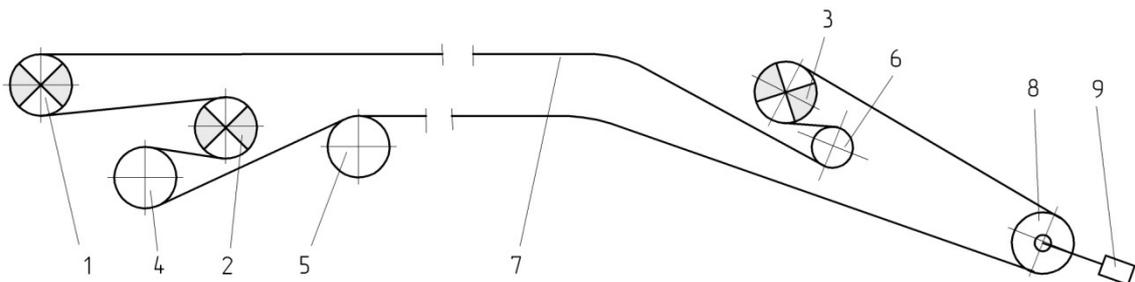


Рис. 6. Схема ЛК с двумя приводными барабанами в головной части и одним приводным барабаном в средней части: 1 и 2 – приводные барабаны в головной части; 3 – приводной барабан в средней части; 4, 5 и 6 – отклоняющие барабаны; 7 – КЛ; 8 – натяжной барабан; 9 – натяжное устройство

Все альтернативные схемы приводов включают унифицированные приводные блоки, содержащие один приводной барабан, два редуктора, два ЭД и два тормоза, соединительные муфты. Для увеличения силы тяги СП с двумя приводными барабанами в схеме А₄ используют прижим-

ную ленту (рис. 5) для усиления прижатия КЛ к поверхности второго приводного барабана [9].

Тяговый расчет ЛК показал, что для схемы А₁ необходимы один приводной блок мощностью 6 МВт и КЛ прочностью 293 кН/м, для схемы А₂ – два приводных

блока мощностью 3 МВт каждый и КЛ прочностью 243 кН/м, для схемы А₃ – три приводных блока мощностью 2 МВт каждый и КЛ прочностью 228 кН/м.

Для схемы А₄ необходимы такие же приводные блоки и КЛ, как и для схемы А₂. Применение прижимной ленты в СП с двумя приводными блоками (схема А₄) оказалось бесполезным, поскольку не позволило снизить максимальную силу натяжения КЛ.

Для схемы А₅ необходимы три приводных блока мощностью 2 МВт каждый и КЛ прочностью 185 кН/м.

При расчете требуемой мощности приводных блоков учтено, что сила тяги неравномерно распределяется между приводными барабанами. Так, для ЛК с двумя унифицированными приводными блоками (рис. 3) при наличии дуги относительного покоя на обоих приводных барабанах второй по ходу движения КЛ приводной барабан реализует на 5-8 % большую силу тяги, чем первый, вследствие большего

электромеханического скольжения [4]. При отсутствии дуги относительного покоя на втором приводном барабане первый приводной барабан реализует значительно большую силу тяги, чем второй.

Приводные блоки большой мощности изготавливают по индивидуальным заказам в течение нескольких недель. Предприятие, эксплуатирующее ЛК, не может простаивать столь длительное время из-за поломки приводного блока, поэтому при изготовлении ЛК сразу заказывают резервный приводной блок. Таким образом, оценку значения критерия K_1 для схемы А₁ производят для двух приводных блоков, для схем А₂ и А₄ – для трех приводных блоков, для схем А₃ и А₅ – для четырех приводных блоков.

В табл. 1 приведены граничные значения α -сечений критериев K_{ij} и K_{ij}^* , полученные на основе нечетких оценок экспертов.

Таблица 1

Граничные значения α -сечений критериев ($\alpha = 0,9$)

Схема	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
А ₁	220; 260 (тыс.\$)	1027; 1149 (тыс.\$)	116; 156 (тыс.\$)	23,7; 30,4 (тыс.\$)	2479; 3111 (тыс.\$)	0; 0
А ₂	1,2; 1,3	0,75; 0,85	1,4; 1,6	0,45; 0,55	0,80; 0,88	0; 0
А ₃	1,3; 1,4	0,72; 0,84	1,6; 1,7	0,28; 0,38	0,75; 0,93	0; 0
А ₄	1,25; 1,35	0,75; 0,85	1,5; 1,7	0,55; 0,65	0,81; 0,93	0; 0
А ₅	1,5; 1,8	0,6; 0,7	2,0; 2,3	0,28; 0,38	0,82; 0,93	4957; 6222 (тыс.\$)

Для критериев $K_1 \dots K_5$ приведены граничные значения α -сечений K_{ij} и K_{ij}^* ($j = 1 \dots 5$; $i = 2 \dots 5$). Для критерия K_6 приведены граничные значения α -сечений K_{56} и K_{i6}^* ($i = 1 \dots 4$).

Повторная экспертиза приведенных в табл. 1 значений α -сечений критериев K_{ij} и K_{ij}^* показала, что критерии K_5 и K_6 имеют намного большие значения, чем другие критерии. Это приводит к тому, что небольшие вариации критериев K_5 и K_6 подавляют относительно большие вариации критериев $K_1 \dots K_4$. Так, годовые убытки предприятия от снижения объема производства из-за неполной работоспособности

СП намного превышают экономический эффект от выбора оптимальной схемы СП. Для недопущения этих убытков предприятия предпочитают устанавливать оборудование с завышенной производительностью.

При перегрузке угля в месте установки промежуточного привода (рис. 5) происходит измельчение угля с выходом около 2–3 % штыба, стоимость которого в 3–5 раз ниже стоимости сортового угля [10]. Убытки предприятия при потере даже 1 % стоимости угля также намного превышают экономический эффект от оптимизации СП. Поэтому предприятия не используют транспортные технологии, ухудшающие качество угля.

Продолжим выбор оптимальной схемы СП без критериев K_5 и K_6 . В табл. 2 приведены граничные значения α -сечений

критериев K_{ij} ($i = 1 \dots 5; j = 1 \dots 4$), рассчитанные по формуле (2).

Таблица 2

Граничные значения α -сечений критериев ($\alpha = 0,9$), тыс.\$

Схема	K_1	K_2	K_3	K_4
A_1	220; 260	1027; 1149	116; 156	23,7; 30,4
A_2	264; 338	770; 977	162; 250	10,7; 16,7
A_3	286; 364	739; 965	186; 265	6,6; 10,6
A_4	275; 351	770; 977	172; 265	13,1; 19,8
A_5	330; 468	616; 804	232; 359	6,6; 11,6

В табл. 3 приведены граничные значения α -сечений обобщенного критерия

$Q_{i\alpha}$ ($\alpha = 0,9$), рассчитанные по формуле (1) для всех альтернатив ($i = 1 \dots 5$).

Таблица 3

Граничные значения α -сечений обобщенного критерия $Q_{i\alpha}$, тыс.\$

Альтернативы	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
$\min(Q_{i\alpha})$	1386,7	1207,3	1217,7	1230,0	1184,8
$\max(Q_{i\alpha})$	1595,4	1581,0	1605,0	1612,6	1642,7

На основании (3) оптимальной является альтернатива A_2 , имеющая минимальное значение $\max(Q_{i\alpha})$ при $i = 1 \dots 5$.

Данные табл. 2 позволяют выявить причины, сделавшие альтернативу A_2 наилучшей среди всех рассматриваемых. Несмотря на увеличение амортизационных отчислений от стоимости СП и эксплуатационных расходов A_2 по сравнению с A_1 , решающее значение оказало снижение стоимости КЛ и резерва запасных частей СП.

Увеличение количества приводных блоков до 3 дало незначительное снижение

стоимости КЛ и резерва запасных частей по сравнению с A_2 , но увеличило амортизационные отчисления от стоимости СП и эксплуатационные расходы.

Применение прижимной ленты в СП с двумя приводными блоками (A_4) не позволило снизить силу натяжения КЛ и ее стоимость.

Альтернатива A_5 оказалась неконкурентной даже без учета снижения стоимости угля из-за большой стоимости СП и эксплуатационных расходов.

Заключение

Предложенное решение задачи оптимизации схемы приводов ЛК основано на использовании нечетких значений экономических критериев. Показатель эффективности схемы приводов представлен суммой экономических критериев, имеющих одинаковые единицы измерения.

Нечеткие экспертные оценки числовых значений критериев представлены в виде нечетких чисел с трапецевидной функцией принадлежности. Применение абсолютных и относительных значений критериев сокращает время и трудоемкость расчетов.

Оптимальную схему приводов выбирают из множества апробированных альтернативных схем, соответствующих требованиям ТЗ, сравнивая α -сечения показателя эффективности.

Рассмотренный пример нечеткого выбора оптимальной схемы приводов из пяти альтернатив с использованием шести критериев показал, что правильный выбор количества приводных блоков, мест их установки снижает капитальные затраты и эксплуатационные расходы. Однако убытки предприятия от снижения объема производства из-за неполной работоспособности

сти СП и ухудшения качества угля при перегрузках превышают экономический эффект от оптимизации схемы приводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Реутов, А.А. Нечеткое описание и выбор концепции проектирования / А.А. Реутов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2017. – № 2. – С. 41-48.
2. Реутов, А.А. Особенности применения дополнительных лент в приводах ленточных конвейеров / А.А. Реутов // Известия Уральского государственного горного университета. – 2014. – № 1. – С.44-47.
3. Реутов, А.А. Монтаж, эксплуатация и ремонт ленточных конвейеров / А.А. Реутов. – Брянск: Изд-во БГТУ, 2008. – 104 с.
4. Реутов, А.А. Оптимизация приводов типовых ленточных конвейеров при неопределенности трассы / А.А. Реутов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Изд-во МГГУ, 2008. – № 7. – С. 338-341.
5. Реутов, А.А. Основы автоматизации проектирования машин / А.А. Реутов. – Брянск: Изд-во БГТУ, 2013. – 220 с.
6. Podvesovskii, A. A model of control of expert estimates consistency in distributed group expertise/

1. Reutov, A.A. Fuzzy description and choice of design concept / A.A. Reutov // *Bulletin of Bryansk State Technical University*. – 2017. – No.2. – pp. 41-48.
2. Reutov, A.A. Peculiarities of additional belt use in drives of belt conveyers / A.A. Reutov // *Bulletin of Urals State Mining University*. – 2014. – No.1. – pp. 44-47.
3. Reutov, A.A. *Assemblage, Operation and Repair of Belt Conveyers* / A.A. Reutov. – Bryansk: Publishing House of BSTU, 2008. – pp. 104.
4. Reutov, A.A. Drive optimization of standard belt conveyers at line uncertainty / A.A. Reutov // *Mining Information Analytical Bulletin*. – М.: Publishing House of MSTU, 2008. – No.7. – pp. 338-341.
5. Reutov, A.A. *Automation Fundamentals of Machinery Design* / A.A. Reutov. – Bryansk: Publishing House of BSTU, 2013. – pp. 220.
6. Podvesovskii, A. A model of control of expert estimates consistency in distributed group expertise/

фект от оптимизации схемы приводов.

- A. Podvesovskii, O. Michaleva, V. Averchenkov, A. Reutov, L. Potapov // 2nd Conference CIT&DS 2017, *Communications in Computer and Information Science*. – P. 361-374.
7. Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab / С.Д. Штовба. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.
8. Келлер, К. Проектирование и ввод в эксплуатацию протяженной конвейерной установки для соединительной выработки 4010 / К. Келлер, Х. Фаттер, Я. Виденрот // Глюкауф. – 2006. – № 1 (2). – С. 17-29.
9. Привод ленточного конвейера: пат. РФ на изобрет. RU 2544461 / Реутов А.А. // Изобретения. Полезные модели. – Опубл. 20.03.15, Бюл. № 8.
10. Захаров, А.Ю. Методика экспериментального исследования сегрегации сыпучих грузов на ленточном конвейере / А.Ю. Захаров, Н.В. Ерофеева // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 5. – С. 51-31.

- A. Podvesovskii, O. Michaleva, V. Averchenkov, A. Reutov, L. Potapov // 2nd Conference CIT&DS 2017, [Communications in Computer and Information Science](#). – P. 361-374.
7. Shtovba, S.D. Design of fuzzy systems by Matlab means / S.D. Shtovba. – М.: Hotline-Telecom, 2007. – pp. 288.
8. Keller, K. *Design and Putting into Operation of Long-Distance Conveyer Equipment for Connection Working 4010* / K. Keller, H. Fatter, J. Wiedenrot // Gluekauf. – 2006. – No.1(2). – pp. 17-29.
9. Belt conveyer drive: Pat. for invention RU 2544461 / Reutov A.A. // *Inventions. Utility Model*. – published. 20.03.15, Bull. No.8.
10. Zakharov, A.Yu. Procedure of experimental investigation of loose goods segregation on belt conveyer / A.Yu. Zakharov. N.V. Yerofeeva // *Bulletin of Kuzbass State Technical University*. – 2012. – No.5. – pp. 31-51.

Статья поступила в редколлегию 24.01.18.

Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета Лозбинец Ф.Ю.

Сведения об авторах:

Реутов Александр Алексеевич, д.т.н., профессор кафедры «Подъемно-транспортные машины и оборудование» ФГБОУ ВО «Брянский государствен-

Reutov Alexander Alexeevich, D.Eng., Prof. of the Dep. “Mechanical-Handling Machines and Equip-

ный технический университет», тел.: (4832) 58-82-13, e-mail: bgtu2012@yandex.ru.

ment”, Bryansk State Technical University, Phone:(4832) 58-82-13, e-mail: bgtu2012@yandex.ru.