

УДК 621.869 – 52:622.235

Канд. техн. наук А.И Чайковский
(ИГТМ НАН Украины)

ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ СКЛАДСКОЙ ГРУЗОПЕРЕРАБОТКИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ

Наведені результати досліджень ватажообігу промислових та сумішних видів вибухових речовин на механізованих базисних складах вибухових матеріалів при застосуванні транспортно-сумішно-зарядних машин, які дозволяють підвищити ефективність вибухових робіт.

QUESTIONS OF OPTIMIZATION WAREHOUSE CARGO OF PROCESSING EXPLOSIVE SUBSTANCES BY PREPARATION OF MASS EXPLOSIONS

The results of researches revolution of cargo industrial and mixed of kinds of explosive substances in the mechanized warehouses of explosive materials are given at use transport - amalgamator - charge of machines allowing to raise(increase) efficiency of explosive works.

Проведены исследования по оптимизации процессов складирования и грузопереработки взрывчатых веществ (ВВ) и их компонентов на механизированных базисных складах. С использованием моделирования и линейного программирования разработана дискретная модель системы, позволяющей получить следующие оптимальные параметры:

- вместимость бункеров устройств механизированной загрузки транспортно-смесительно-зарядных машин (ТСЗМ);
- схему расположения и размеры устройств механизированной загрузки ТСЗМ на складе;
- производительность погрузочного оборудования;
- метод управления складскими комплексами механизации взрывных работ.

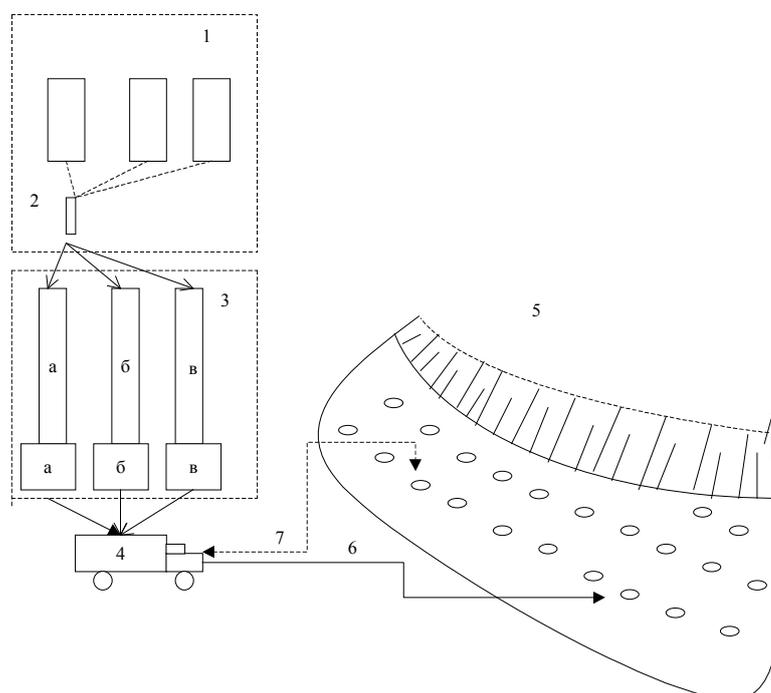
Системы складирования и грузопереработки взрывчатых веществ на базисных складах горнодобывающих предприятиях можно разделить на три типа.

Первая, самая простая технологическая схема, представляет следующую последовательность операций: хранилище базисного склада – электро- или автопогрузчик, бортовой автомобиль, специально оборудованный для перевозки ВВ, блок в карьере, подготавливаемый к взрыву. Схема применяется на небольших карьерах и при транспортировке ВВ на небольшое расстояние.

Вторая схема обеспечивает подачу промышленных ВВ на установки (стационарные или передвижные) растаривания мешков или контейнеров с последующей загрузкой ВВ в бункеры транспортно-зарядных машин. Она представляет следующую последовательность операций: хранилище, электро- или автопогрузчик, установка растаривания мешков или контейнеров, бункер транспортно-зарядных машин, блок в карьере, подготавливаемый к взрыву. Такая

схема применяется на большинстве крупных карьерах, имеющих средства комплексной механизации взрывных работ.

Третья схема предусматривает временное хранение ВВ (промышленных или смесевых ВВ до трех суток), приготовленных к доставке на заряжаемый блок в карьере. Она представляет собой следующую последовательность операций: хранилище, электро- или автопогрузчик, установка растаривания мешков или контейнеров, установка по приготовлению смесевых ВВ, бункер ТСЗМ, блок в карьере, подготавливаемый к взрыву. Такая схема применяется в том случае, когда предприятие, осуществляющее взрывные работы, применяет промышленные и смесевые ВВ (например ОАО «Кривбассвзрывпром», «Запорож-взрывпром») (рис.1).



- 1 – хранилища базисного склада; 2- электро-, автопогрузчик;
 3 – установки растаривания промышленных ВВ
 (а, б) и приготовления смесей ВВ (в); 4 – ТСЗМ; 5- заряжаемый блок;
 6- грузовое направление ТСЗМ; 7-порожнее направление ТСЗМ

Рис.1 - Схема грузопотока ВВ при подготовке массового взрыва

Приведенные выше три типа технологических схем могут быть представлены в виде простейших транспортных моделей.

Входящий поток промышленных ВВ или компонентов смесевых ВВ – $Q_{ВВ}^{вх}(t)$ с хранилищ склада поступает посредством электро- или автопогрузчиков на установку механизированной загрузки ВВ. Причем поступление ВВ во времени происходит импульсами в соответствии с графиками проведения взрывов в карьере. Выходящий поток ВВ – $Q_{ВВ}^{вых}(t)$ с емкости - V установки механизированной загрузки ВВ дискретно поступает в бункера – $V_1, V_2, V_3... V_n$

ТСЗМ, ожидающих очереди под загрузку. Этот поток непрерывен и имеет через определенные интервалы импульсы, связанные либо с потреблением ВВ непосредственно на подготовку массового взрыва либо с работой установки механизированной загрузки с трехдневным накоплением ВВ в бункере.

Вместимость бункера установки механизированной загрузки – $V(t)$ колеблется в зависимости от $Q_{BB}^{ex}(t)$ и $Q_{BB}^{blx}(t)$. Математически это выражается следующей зависимостью:

$$V(t) = Q_{BB}^{ex}(t) - Q_{BB}^{blx}(t). \quad (1)$$

Вместимость бункеров установок механизированной загрузки (погрузочно-растаривающие установки для мешков с ВВ, контейнеров, ингредиентов смесевых ВВ и т.п.) может быть определена путем интегрирования уравнения (1), принимая поступление ВВ на установку по закону Пуассона. За расчетный период принимаем год работы предприятия, ведущего механизированную подготовку массовых взрывов. Однако работа установки механизированной загрузки на базисном складе не может копировать функцию входящего потока ВВ – $Q_{BB}^{ex}(t)$ и зависит от многих факторов, которые трудно выразить математически. Их можно представить в виде композиционной модели, в которой сделано два допущения:

1) ВВ, доставленные с хранилищ, подаются к установке непрерывно по мере их востребованности при подготовке массового взрыва;

2) возможна работа двух и более установок в зависимости от потребности карьера в количестве и типе ВВ.

Для составления моделей работы установок механизированной загрузки ТСЗМ промышленными и смесевыми ВВ необходимо учитывать технические и экономические факторы, как для установок, так и для ТСЗМ. С увеличением количества установок увеличиваются затраты на их строительство и эксплуатацию. С другой стороны сокращаются сроки подготовки массовых взрывов, а также появляется возможность применять как промышленные, так и смесевые ВВ, а следовательно уменьшать затраты на взрывные работы. Это позволяет определить необходимую производительность по минимальным общим затратам (рис. 2).

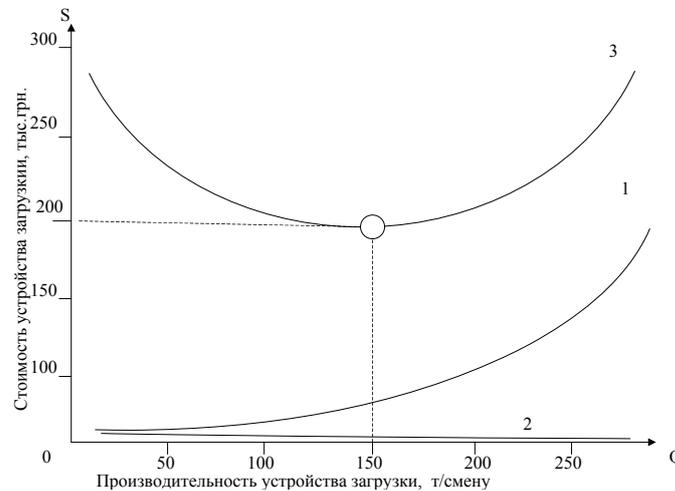
Для определения минимальных затрат на простои ТСЗМ на механизированных складах математически задача формулируется следующими зависимостями:

$$0 \leq u^1(t) + u^2(t) \leq Q_0, \quad (2)$$

$$0 \leq u^i(t) \leq Q_{\max}, \quad (3)$$

$$w^j(t) = -u^i (i=1,2,\dots,n), \quad (4)$$

где Q_o – общая производительность установки механизированной загрузки, т/смену; Q_{max} – максимальная производительность установки, т/смену; $u^i(t)$ – загрузочная способность i -той установки за время (t) , т/смену; $w^i(t)$ – количество ВВ, оставшееся в емкостях i -той установки за время (t) , т.



1 – затраты на установку механизированной загрузки;
2 – затраты на простои ТСЗМ при загрузке; 3 – общая стоимость

Рис. 2 – Зависимость между производительностью установки механизированной загрузки ТСЗМ и стоимостью погрузочно-загрузочных работ

Выражения (2, 3, 4) должны удовлетворять начальным условиям:

$$w^i(t_0) = w_0^i, \quad (5)$$

где $T_i(t_0)$, что дает

$$w^i(t_0 + T_i) = 0. \quad (6)$$

Пусть требуется определить оптимальное управление разгрузочной способностью установки механизированной загрузки ТСЗМ промышленными ВВ $\left(\hat{u}^1\right)$ и установки приготовления и загрузки ТСЗМ смесевыми ВВ $\left(\hat{u}^2\right)$, которое дает минимальное значение функции. Оно будет выражаться формулой

$$j = a^1 \cdot T_1 + a^2 \cdot T_2, \quad (7)$$

где j – общие затраты на простои ТСЗМ, отнесенные к 1 т ВВ, грн/т, a^i – затраты на простои ТСЗМ, находящейся в ожидании загрузки, на i -той установке приготовления и загрузки ВВ, отнесенные к единице времени и единице веса ВВ, грн/т · час; T – продолжительность простоев ТСЗМ, ч.

Учитывая зависимость (5), проинтегрируем выражение (4) и получим:

$$w^1(t_0 + T_1) - w^1(t_0) = -w^1(t) = -\int_{t_0}^{t_0+T_1} u^1(t) dt, \quad (8)$$

$$w^2(t_0 + T_1) - w^2(t_0) = -w^2(t) = -\int_{t_0}^{t_0+T_1} u^2(t) dt, \quad (9)$$

Учитывая зависимости (2,3) и добавляя к правой и левой частям формулы (8) соответственно правые и левые части формулы (9), получим:

$$w^1(t_0) + w^2(t_0) = \int_{t_0}^{t_0+T} Q_0 dt + \int_{t_0+T_m}^{t_0+T_M} Q_{\max} dt = Q_0 T_m + Q_{\max} (T_M - T_m). \quad (11)$$

Учитывая зависимость (3), окончательно получим:

$$T_1 \geq \frac{w_0^1}{Q_0}; T_2 \geq \frac{w_0^2}{Q_{\max}}. \quad (12)$$

Решение уравнений проводилось методом линейного программирования. Результаты решения представлены на рис.3. При расчетах установок приготовления и загрузки ТСЗМ существенное значение имеет нормирование времени простоя ТСЗМ до их отправления на карьер.

Для этого было составлено следующее математическое выражение

$$\int_D^{\infty} k \cdot P^i \cdot (x - D) \cdot f(x) dx = \int_0^D P^i \cdot (D - x) \cdot f(x) dx, \quad (13)$$

где $f(x)$ - функция вероятной плотности времени стоянки ТСЗМ на складе в ожидании загрузки; D - нормируемое число времени простоя, ч; P^i - единичная (удельная) стоимость отправления ВВ определенного типа, грн/т; kP^i - единичная (удельная) стоимость простоя ТСЗМ, грн/т; T - максимальное время простоя ТСЗМ на складе, ч.

Функция $f(x)$ следующим образом связана с функцией $F(x)$ - плотностью времени стоянки ТСЗМ на складе.

$$\left. \begin{aligned} \frac{dF(x)}{dx} &= f(x) \\ F(x) &= 1 \rightarrow x \geq T \\ F(0) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

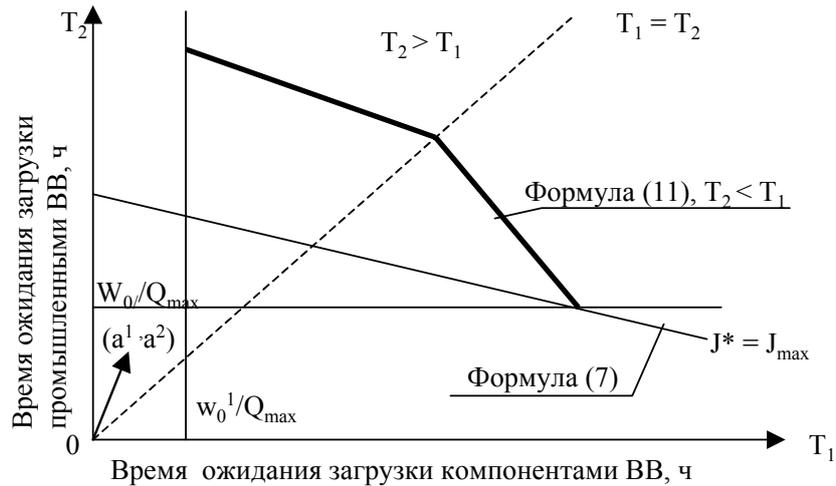


Рис.3 – Решение оптимального подбора числа пунктов загрузки ТСЗМ методом линейного программирования (числа в скобках указывают номера уравнений)

Учитывая выражение (14) и проводя интегрирование уравнения (13) по частям получим

$$\begin{aligned}
 \int_D^T k \cdot P \cdot (x - D) \cdot f(x) dx &= [k \cdot P \cdot (x - D) \cdot F(x)]_D^T - \\
 - \int_D^T k \cdot P \cdot F(x) dx &= k \cdot P \cdot (T - D) - k \cdot P \int_D^T F(x) dx; \\
 \int_0^D P \cdot (D - x) \cdot f(x) dx &= [P \cdot (D - x) \cdot F(x)]_0^D + \\
 + \int_0^D P \cdot F(x) dx &= P \cdot \int_0^D F(x) dx; \\
 \int_0^D F(x) dx &= k \cdot \left\{ (T - D) - \int_D^T F(x) dx \right\}. \quad (15)
 \end{aligned}$$

Для решения уравнения (15) может быть применен метод численного интегрирования, результаты которого показаны на рис. 4.

Для определения необходимой вместимости смешительно-загрузочных емкостей на базисном складе проинтегрируем выражение (1) в заданных пределах.

$$V(t) - V(0) = \int_0^t Q_{BB}^{6x} (s) ds - \int_0^t Q_{BB}^{6bx} (s) ds. \quad (16)$$

Необходимая минимальная вместимость бункеров будет [MAX V(t) – MIN V(t)]. Однако при выборе технологических схем и проектировании комплекс-

ной механизации взрывных работ интересуется требуемая максимальная вместимость бункеров установок загрузки ТСЗМ.

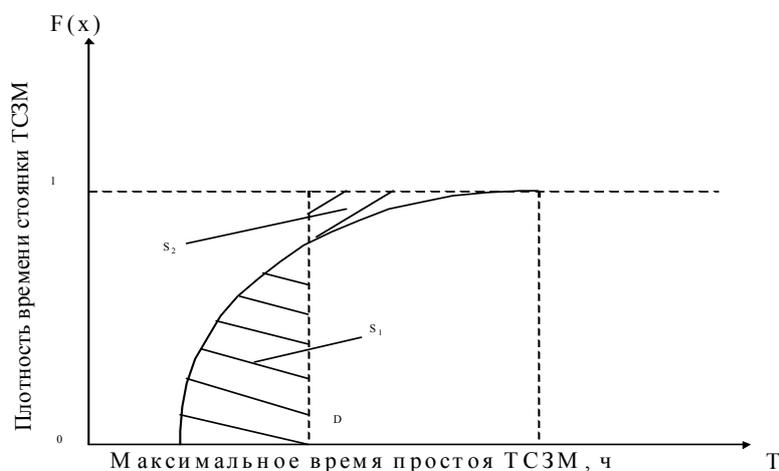


Рис.4 - Метод определения нормированного времени загрузки промышленных и смесевых ВВ

Если максимальную вместимость обозначить \hat{V} , то получим следующие дифференциальные уравнения

$$V(t) = Q_{BB}^{ex}(t) - Q_{BB}^{blx}(t), \quad (V < \hat{V}), \quad (17)$$

$$O = Q_{BB}^{ex}(t) - Q_{BB}^{blx}(t), \quad (V < \hat{V}), \quad (18)$$

Если V мало, то необходимо задействовать большее количество погрузчиков для доставки с хранилищ ВВ, интенсифицировать процесс растаривания и загрузки в бункер. Кроме того, увеличиваются затраты, связанные с простоями ТСЗМ. Наоборот, если V слишком велико, то простои ТСЗМ лимитируются производительностью загрузки, но увеличиваются затраты на капитальное строительство пунктов. Учитывая вышеизложенное, определяем оптимальное \hat{V} . При конструировании стационарных установок механизированной загрузки ТСЗМ следует иметь в виду, что входящий поток Q_{BB}^{ex} в формуле (1) определяется следующими факторами:

- 1) интервалами прибытия ТСЗМ;
- 2) грузовместимостью ТСЗМ;
- 3) временем технического обслуживания и непредвиденных простоев ТСЗМ;
- 4) емкостью бункеров установки загрузки;
- 5) технологическим процессом обработки ТСЗМ на складе (маневры, загрузка емкостей ТСЗМ, опломбирование люков, взвешивание, выдача путевого листа и т.п.);

Для производства расчетов по формулам (1...6) с указанными выше переменными факторами была разработана специальная программа для ПЭВМ, которая применялась при создании оборудования для механизации взрывных работ на базисном складе ЗАО «Запорожвзрывпром». Были получены удовлетворительные результаты, позволившие найти оптимальные объемы \hat{V} бункеров целого ряда средств механизации: устройства для растаривания мешков с ВВ – 1УПР-30, устройства разгрузки мягких контейнеров – УРМК, устройства растаривания и смешивания компонентов смесевых ВВ-УРАС.

УДК 622.673.1

Инж. С.С. Ильина (НГУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕСТКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВУХРЫЧАЖНЫХ РОЛИКОВЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ СОСУДОВ

У статті поставлена і розв'язана задача визначення жорсткості роликової направляючої шахтної підйомної посудини з урахуванням геометричної нелінійності її конструкції.

RESEARCH OF INFLEXIBLE CHARACTERISTICS OF TWOLEVER ROLLER GUIDES MINING LIFTING VESSELS

In the article the task of determination roller guides of lifting vessel inflexibility is put and solved taking into account geometrical nonlinearity of construction.

Роликовые подпружиненные амортизаторы предназначены для удержания подъемного сосуда (кипа, клетки, контрвеса) в центрированном положении относительно коробчатых проводников в пределах кинематических зазоров и предотвращения жесткого контакта башмаков с проводниками во время колебаний сосуда, вызванных искривлениями пространственного профиля проводников.

Главной характеристикой, определяющей работу роликовой направляющей подъемного сосуда, является вид зависимости между горизонтальным перемещением точки контакта ролика с проводником и усилием сопротивления, которое определяется геометрическими соотношениями между плечами рычажной системы направляющей и жесткостью упругого звена.

Традиционно считается, что перемещение точки контакта ролика с проводником относительно опорного узла является малым по сравнению с геометрическими размерами рычагов и в первом приближении, на котором основан существующий расчет динамического взаимодействия сосудов с армировкой, приведенная к точке контакта ролика с проводником жесткость упругого звена направляющей является постоянной на всем интервале рабочего хода рычага [1].

Недостатки в работе существующих типов рычажных направляющих и необходимость усиления их диссипативных параметров при работе в ударно-циклическом режиме требуют учета более тонких эффектов и геометрической нелинейности в работе конструкции для уточнения математической модели двухрычажного амортизатора шахтного подъемного сосуда.