



чинників (координат засувок) за умов максимальної різниці тисків в магістралі та воронці ежекційного пристрою. Таке співвідношення дає можливість використовувати ежекцію, як спосіб одержання аерозолі з максимальною ефективністю у пристрої нашої-

конструкції. Перевірка продуктивності ежектору з використанням реальної дрібнодисперсної речовини (борошна, крохмалю, подрібненого шроту тощо) підтверджує оптимальність положення засувок ежекційного пристрою.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вайсман М.Р. Вентиляционные пневмотранспортные установки // М.Р. Вайсман, М.Я. Грубиян. – М.: Колос, 1969. – 256с.
2. Зуев Ф.Г. Пневматическое транспортирование на зерноперерабатывающих предприятиях. – М.: Колос, 1976. – 344 с.
3. Лепешкин Н.Д. Экспериментальные исследования питателя эжекторного типа для пневматических сеялок / Н.Д. Лепешкин, А.Л. Медведев, Ю.Л. Салапура // Збірник наукових праць ІМТ УААН. – 2009. – № 1, 3. – С. 223-230.
4. Смазлий В.И. Обоснование процесса работы и параметров эжекторных рабочих органов пневматических туковысеивающих машин: дис. канд. техн. наук. – Глеваха, 1989. – 194 с.
5. Повх И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении – 3-е изд. доп. и испр. – Л.: Машиностроение, 1974. – 480 с.
6. Загоренко Д. Исследование оптимальных параметров эжекции // М-во высш. образования СССР, Новосибир. инж. строт, ин-т им. В. В. Куйбышева. – Новосибирск, 1958. – 193 с.
7. Аркадов Ю. К. Новые газовые эжекторы и эжекционные процессы : дис. . д-ра техн. наук : 01.02.05. – М. : Изд-во Физматлит, 2001. – 336 с.
8. Седач В.В. Расчет и выбор основных параметров малогабаритного эжектора // В.В. Седач, И.И. Морокко // Наукові праці Дон-тНТУ. – 2008. – № 16, 142. – С. 245 – 249.
9. Александров А.Н. Пневмотранспорт и пылеулавливающие сооружения на деревоперерабатывающих предприятиях: Справочник / Под ред. А.Н. Александрова. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 248 с.
10. Ахназарова С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии: Учеб. Пособие для хим.-технол. спец. Вузов / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Высш. Шк., 1985. – 327 с.
11. Коузов П.А. Единая методика сравнительных испытаний пылеуловителей / П.А. Коузов, Г.А. Иофинов. – Л.: ЛИОТ., 1967. – 104с.
12. Зажиганов Л.С. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента / Л.С. Зажиганов, А.А. Кишьян, Ю.И. Романиков. – М.: Атомиздат, 1978. – 232 с.
13. Батунер Л.М. Математические методы в химической технике / Л.М. Батунер, М.Е. Позин. – Л.: Госхимиздат, 1960. – 640 с.
14. Фёрстер Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа / Э. Фёрст, Б. Рёнци, пер. с нем. В.М. Ивановой. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 301 с.

Надійшла 13.03.2013

Адреса для переписки:
вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039



УДК 664.724:005.591.6:005.936.41

І.Н. СВИТІЙ, канд. техн. наук, доцент, Г.В. АНДРИЯЩЕНКО*, інженер по автоматизації
Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса
*ООО МПСК «Бориваж»

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПЕРСОНАЛА ЗЕРНОХРАНИЛИЩА ПО ФОРМИРОВАНИЮ ОПТИМАЛЬНЫХ ХРАНИМЫХ ПАРТИЙ ЗЕРНА

Предложена концепция развития системы количественно-качественного учета зерна в силосах элеватора до системы поддержки принятия решений персонала зернохранилища по размещению запасов зерна за счет введения четырех функций поддержки принятия решений: по оптимальному планированию размещения зерна, по размещению вновь прибывших и прошедших обработку партий зерна, а также по укрупнению хранимых партий зерна. Повышение качества поддержки принятия решения ожидается за счет повышения интеллектуального уровня системы поддержки принятия решений и приведет к получению реального экономического эффекта от внедрения системы.

Ключевые слова: запасы зерна, зерновой элеватор, система поддержки принятия решений, система количественно-качественного учета зерна.

A concept of the development of quantitative and qualitative account of grain in silo elevator to the System of decision support personnel to deploy silo grain reserves by the introduction of the four functions of decision support: on the optimal scheduling of grain, for new arrivals, Shih and past treatment of shipments grains, as well as the consolidation of stored grain batches. Improving the quality of support decision is expected by increasing the intellectual level of the system to support decision-making and to result in real economic effect from the introduction of the system.

Keywords: grain reserves, grain elevator, a decision support system, the system of quantitative and qualitative account of grain.

Эффективность работа зерновых, зерноперерабатывающих и пищевых предприятий, занятых переработкой зерна или семян масличных, во многом зависит от предсказуемости и равномерности качественных показателей хранимых партий зерна. В частности, от оптимальности хранимых партий зерна за-

висит и качество формирования отпускных партий зерна на зерновых терминалах. В свою очередь, оптимальность хранимых партий зерна напрямую зависит от оптимальности решений, принимаемых начальником элеватора, начальником смены, реже оператором по размещению принимаемых партий зерна,



размещению партий зерна, прошедших обработку (очистку, сушку, вентилирование, охлаждение и т.п.) и по укрупнению уже имеющихся хранимых партий зерна.

Итак, лицом, принимающим решения (ЛПР) в системе можно считать начальника элеватора, формирующего производственное задание по размещению определенного количества зерна, поступающего от конкретного поставщика. Также в роли ЛПР может выступать начальник смены, принимающих решения по размещению принимаемых партий зерна, хранимых партий зерна, прошедших обработку, в конкретный силос или укрупнению имеющихся хранимых партий зерна.

К задачам, требующим поддержки принятия решений, следует отнести следующие задачи:

- задачу планирования места в зернохранилище под ожидаемое количество зерна по действующему договору поставки;
- задачу размещения принимаемой партии зерна на хранение в конкретный силос;
- задачу размещения хранимой партии зерна, прошедшей обработку, в конкретный силос;
- задачу выделения места под размещение принимаемых партий зерна путем укрупнения имеющихся хранимых партий зерна.

Решение перечисленных выше задач призвана обеспечить задача количественно-качественного учета зерна, хранимого в силосах и складах [1].

Для поддержки принятия решений ЛПРа в плане решения перечисленных выше задач была разработана система поддержки принятия решений персонала зернохранилища по размещению запасов зерна. Основу системы обеспечивает система количественно-качественного учета зерна, хранимого в силосах. Основные функции системы:

- количественно-качественный учет параметров хранимых в силосах зерновых масс;
- ввод и корректировка плана размещения зерна;
- ведение базы данных поставщиков;
- размещение принимаемых партий зерна на хранение;
- перемещение партий зерна, прошедших обработку и укрупняемых партий зерна;
- отгрузка хранимых партий зерна;
- ведение журналов событий о движении зерновых масс.

Графический интерфейс основного окна программы приведен на рис. 1.

Основу работы программы составляет база данных зернохранилищ, хранимых партий зерна и поставщиков. Структура базы данных соответствует структуре иерархической концептуальной модели зернохранилища [2]. Основу базы данных составляют объекты типа «Партия зерна», имеющая две разновидности: «Размещаемая партия зерна» (РПЗ) и «Хранимая партии зерна» (ХПЗ). По набору атрибутов РПЗ и ХПЗ практически идентичны и могут отличаться лишь атрибутом «Поставщик». Этот атрибут для РПЗ представлен однозначно одним параметром (строковой записью), а для ХПЗ – может быть представлен одним параметром (если в системе накладыв-

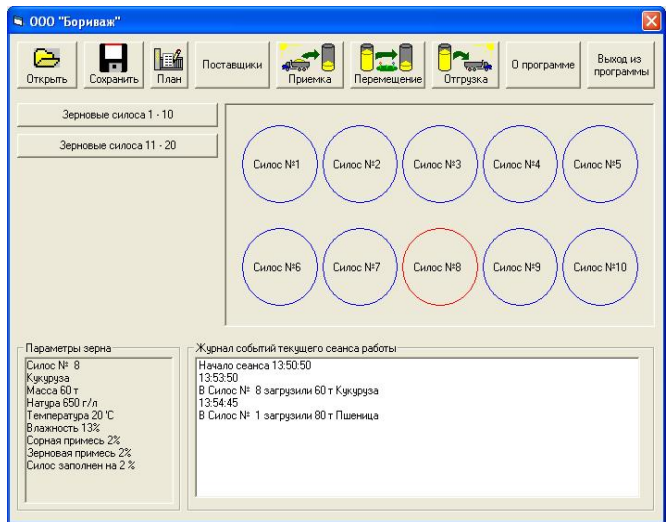


Рис. 1 – Графический интерфейс основного окна программы.

Вается условие несмешивания зерна разных поставщиков) или динамическим массивом параметров (если допускается смешивание зерна разных поставщиков).

Структура объекта «Партия зерна» такова:

РПЗ (ХПЗ):

- К – культура;
- П – поставщик;
- М – масса;
- Н – натура;
- В – влажность;
- СП – сорная примесь;
- ЗП – зерновая примесь;
- СВ – состояние по влажности;
- ССП – состояние по сорной примеси;
- СЗП – состояние по зерновой примеси;
- СЗ – статус зерна;
- Ч – число качественных показателей;
- КП (1...Ч) – численные значения качественных показателей;
- КЗ – класс зерна.

Объектом второго уровня является силос. Одним из атрибутов этого объекта является объект первого уровня типа ХПЗ. Структура объекта типа «Силос» такова:

С:

- ИС – имя (номер) силоса;
- ПО – полный объем;
- ЗО – занятый объем;
- СО – свободный объем;
- ПЗ – приоритет заполнения;
- ХПЗ – хранимая партия зерна.

Объектом третьего уровня является силосный корпус, имеющий следующие атрибуты:

СК:

- ИСК – имя (номер) силосного корпуса;
- КС – количество силосов в силосном корпусе;

С(1)...С(КС) – силоса силосного корпуса.

Объектом четвертого уровня является элеватор в целом, имеющий следующие атрибуты:

Э:

- ИЭ – имя элеватора;



КСК – количество силосных корпусов;
СК(1)...СК(КСК) –силосные корпуса.

Задачи поддержки принятия решений решаются системой в рамках различных обеспечивающих функций количественно-качественного учета зерна в силосах.

Задача планирования места в зернохранилище под ожидаемое количество зерна по действующим договорам поставки решается в рамках ввода плана размещения зерна. Решение задачи запускается кнопкой «Совет». Исходными данными к этой задаче являются результаты прогнозирования входящих грузопотоков по всем заключенным договорам, выполняемым коммерческим директором предприятия, и наличие места под принимаемое по каждому договору зерно. Если места под размещение зерна по i -му договору, с учетом заданного запаса емкости, достаточно, то система выдает совет о нецелесообразности выделения места под этот договор. Если места под размещение зерна по i -му договору недостаточно, то система осуществляет поиск пустых, непомеченных конкретными культурой и поставщиком, силосов и рекомендует запланировать под размещение зерна силос с наименьшим приоритетным номером (наибольшим приоритетом при заполнении) из числа найденных силосов. При этом достаточно ЛПРу предложить один вариант решения. Если пустых непомеченных силосов система в базе не выявила, то осуществляется поиск пустых помеченных силосов, рекомендуется их зачистка. В этом случае ЛПРу целесообразно выдать все доступные варианты решения без их ранжирования. После реализации выбранных вариантов решений целесообразно процедуру поиска оптимального дополнительного силоса повторить. Если пустые силоса выявлены не были, то система выдает ЛПРу совет по укрупнению уже имеющихся хранимых партий зерна. Итак, решение задачи планирования места в зернохранилище под ожидаемое количество зерна по действующим договорам поставки осуществляется в три этапа, которые можно формализовать логическими выражениями. Решение задачи на первом этапе сводится к поиску оптимального варианта решения L_1 , осуществляемому по следующей логической зависимости:

$$L_1 = \text{ИС}(C_i) [M(C_i) = 0 \cap K(C_i) = \emptyset \cap \Pi(C_i) = \emptyset \cap \min(\PiЗ)] \quad (1)$$

Если вариант решения для i -го договора был найден, то решение задачи для этого договора прекращается. Если $L_1 = \emptyset$, то осуществляется переход ко второму этапу решения задачи. Поиск пустых помеченных силосов осуществляется по следующей логической зависимости:

$$L_{2j} = \text{ИС}(C_i) [M(C_i) = 0 / (K(C_i) = \emptyset \cup \Pi(C_i) = \emptyset)] \quad (2)$$

Если по второму этапу были выявлены варианты решений, то после выдачи соответствующих советов система порекомендует реализовать некоторые (или все) рекомендованные варианты решений и по-

вторить решение задачи с первого этапа. Если варианты решений по второму этапу выявлены не были, то есть $L_2 = \emptyset$, то система порекомендует выполнить укрупнение имеющихся хранимых партий зерна, а после реализации решений повторить выполнение задачи с первого этапа.

Описанная выше задача не является задачей первостепенной важности, от которой напрямую зависит прибыль предприятия или риск штрафных санкций из-за простаивания внешнего транспорта. Задачей первостепенной важности являются задачи приемки и размещения вновь прибывших, а также отгрузки сформированных партий зерна. Остальные задачи поддержки принятия решений являются обеспечивающими. Их целесообразно выполнять в периоды, когда не осуществляется приемка и отгрузка, например, в вечернее и ночное время или в непогоду. Целесообразно также выделение специального времени для осуществления обеспечивающих операций.

Однозначно важнейшей задачей является задача поддержки принятия решений при размещении поступающих на предприятие партий зерна. Задача решается в рамках функции «Приемка» системы количественно-качественного учета зерна. Исходными данными к задаче являются данные о размещаемой партии зерна, данные о хранимых партиях зерна и план размещения зерна в силосах элеватора. Источниками информации о размещаемой партии зерна являются весовая, визировочная лаборатория, основная производственно-техническая лаборатория (ПТЛ), некоторые параметры являются вычисляемыми (состояние по влажности, состояния по примесям, классность зерна). Источником информации о хранимых партиях зерна и о плане размещения является база данных элеватора. Решение этой задачи поддержки принятия решений сводится к поиску оптимальных вариантов решений о выборе конкретного силоса, в который и будет производиться размещение партии зерна. Решение задачи осуществляется в два этапа. На первом этапе осуществляется поиск пустых силосов, запланированных под размещение зерна по конкретному договору. Варианты решения ранжируются в порядке возрастания приоритетного номера загрузки силосов. Решение этой задачи можно сформулировать, как номер силоса, для которого название культуры и название поставщика совпадает с аналогичными параметрами размещаемой партии зерна. Это решение можно формализовать следующим логическим выражением:

$$L_{3j} = \text{ИС}(C_i) [M(C_i) = 0 \cap K(C_i) = \text{К(РПЗ)} \cap \Pi(C_i) = \Pi(\text{РПЗ})] \quad (3)$$

Ранжируются варианты решений в порядке возрастания $\PiЗ(\text{ИС}(L_{3j}))$. Если варианты решений по этому критерию найдены не были ($L_{3j} = \emptyset$), то переходят ко второму этапу решения задачи.

На этом этапе вариантом решения будет имя силоса, помеченного под зерно конкретных культуры и поставщика, в который размещаемая партия зерна поместится целиком. Для каждого найденного варианта решения рассчитывается дисперсия качественных параметров РПЗ и ХПЗ [2], а затем параметры

ранжируются в порядке возрастания рассчитанной дисперсии. Наилучшим считается вариант решения с наименьшей дисперсией. Решение задачи поддержки принятия решений на этом этапе можно сформулировать логическим выражением:

$$L_{4j} = \text{ИС}(C_i) [\text{СО}(C_i) \cdot \text{Н}(\text{РПЗ}) > \text{М}(\text{РПЗ}) \cap \text{К}(C_i) = \text{К}(\text{РПЗ}) \cap \text{П}(C_i) = \text{П}(\text{РПЗ}) \quad (4)$$

Задача размещения хранимой партии зерна, прошедшей обработку, в конкретный силос решается, если по договору поставки зерна требуется не только осуществить перевалку зерна, но и его предварительную обработку с повышением качества. Задача решается в рамках функции «Перемещение» системы количественно-качественного учета зерна. Исходными данными к решению задачи являются параметры прошедшей обработки хранимой партии зерна или обработанной партии зерна (ОПЗ). Решение задачи, как и в случае с РПЗ, сводится к поиску пустого помеченного силоса, а если такой силос выявлен не будет, то к поиску подходящих по культуре и поставщику силосов в которую целиком поместится ОПЗ. Для каждого потенциального варианта решения ведется расчет дисперсии параметров ОПЗ и ХПЗ с последующим ранжированием вариантов решений в порядке возрастания дисперсии параметров. Решение задачи на первом этапе можно формализовать логическим выражением:

$$L_{5j} = \text{ИС}(C_i) [\text{М}(C_i) = 0 \cap \text{К}(C_i) = \text{К}(\text{ОПЗ}) \cap \text{П}(C_i) = \text{П}(\text{ОПЗ}) \quad (3)$$

Полученные варианты решений ранжируются в порядке возрастания ПЗ(ИС(L_{5j})). Решение задачи на втором этапе можно формализовать логическим выражением:

$$L_{6j} = \text{ИС}(C_i) [\text{СО}(C_i) \cdot \text{Н}(\text{ОПЗ}) > \text{М}(\text{ОПЗ}) \cap \text{К}(C_i) = \text{К}(\text{ОПЗ}) \cap \text{П}(C_i) = \text{П}(\text{ОПЗ}) \quad (4)$$

Задача поддержки принятия решений по укрупнению хранимых партий зерна решается в рамках функции «Перемещение» системы количественно-качественного учета зерна. Задача сводится к поиску непустых силосов (ХПЗ_i), поиску для них силосов (ХПЗ_j), помеченных теми же культурой и поставщиком силосов, прогнозированию результатов прогнозирования в виде суммарной массы М(УПЗ) и натуре Н(УПЗ) укрупненной партии зерна:

$$\text{М}(\text{УПЗ}) = \text{М}(\text{ХПЗ}_i) + \text{М}(\text{ХПЗ}_j) \quad (5)$$

$$\text{Н}(\text{УПЗ}) = \frac{\text{М}(\text{ХПЗ}_i) \cdot \text{Н}(\text{ХПЗ}_i) + \text{М}(\text{ХПЗ}_j) \cdot \text{Н}(\text{ХПЗ}_j)}{\text{М}(\text{УПЗ})} \quad (6)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свитый И.Н., Андриященко Г.В. Количественно-качественный учет хранения зерна в силосах элеватора [Текст] // Информатика, математика, автоматика ІМА: 2012. Матеріали науково-технічної конференції. 16–21 квітня 2012р. – Суми, 2012. – С. 134.
2. Свитый И.Н., Андриященко Г.В. Многокритериальный подход к размещению зерна на хранение [Текст] // Зернові продукти і комбікорми. – 2012. – №4. – С. 46 – 49.

По результатам прогнозирования необходимо ответить на вопрос, поместится ли укрупненная партия зерна в один силос? Если перечисленные выше условия не выполняются, то вариант решения в дальнейшем не рассматривается. Поиск доступных вариантов решений можно формализовать следующим логическим выражением:

$$L_{6j} = \{\text{ИС}(C_i) \cap \text{ИС}(C_j) [\text{М}(C_i) \neq 0 \cap \text{М}(C_j) \neq 0 \cap \text{М}(\text{УПЗ}) / \text{Н}(\text{УПЗ}) < \text{ПО}(C_i) \cap \text{К}(C_i) = \text{К}(C_j) \cap \text{П}(C_i) = \text{П}(C_j)]\} \quad (7)$$

При выполнении условий ведется расчет дисперсии параметров смешиваемых партий зерна.

В дальнейшем осуществляется поиск места под размещение УПЗ. Этим местом в первую очередь может стать подходящий пустой силос, найденный по логическому выражению:

$$L_{7j} = \text{ИС}(C_i) [\text{М}(C_i) = 0 \cap \text{К}(C_i) = \text{К}(\text{УПЗ}) \cap \text{П}(C_i) = \text{П}(\text{УПЗ}) \quad (8)$$

Из полученных вариантов решений выбирается один вариант, для которого приоритетный номер заполнения силоса наименьший. Если пустой силос по выражению (8) не был выявлен, то в качестве места размещения УПЗ выбирается силос с меньшим заполненным объемом. Для полученных вариантов решений рассчитывается дисперсия параметров смешиваемых партий зерна. В дальнейшем варианты решений ранжируются в порядке убывания критерия дисперсии параметров смешиваемых партий зерна.

Предложенная выше концепция является, по сути, развитием системы количественно-качественного учета зерна в силосах элеватора до уровня системы поддержки принятия решений персонала зернохранилища по размещению запасов зерна. Такое повышение интеллектуального уровня системы от информационного до информационно-советующего уровня позволит повысить качество решения задачи создания равномерных по параметрам партий зерна. Экономический эффект от внедрения системы поддержки принятия решений ожидается по таким основным статьям:

- снижение энергозатрат на переработку зерна в связи с большей стабильностью параметров зернового сырья;
- снижение рисков штрафных санкций за несоответствие показателей качества отпускных партий зерна по причине существенной дисперсии параметров хранимых партий зерна;
- снижение издержек на обслуживание строительных конструкций элеватора ввиду равномерного заполнения силосов элеватора и уменьшения точечных нагрузок на фундамент силосных корпусов.

Надійшла 10.03.2013

Адреса для переписки:
вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039

