

ЗЕРНОХРАНИЛИЩЕ КАК ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

А.А. Солдатенко, гл. инженер (ГУ «Научно-исследовательский и проектно-технологический институт хлебопродуктов»)

Аннотация

Статья посвящена вопросу хранения зерна на комбинатах отрасли хлебопродуктов. Рассмотрен элеватор (зернохранилище) как объект контроля и управления. Разработана обобщенная принципиальная технологическая схема элеватора.

The article is devoted to a question of grain storage at the plants of bakery branch. Grain elevator (granary) as object of control and management has been considered. The generalized basic technological scheme of a grain elevator has been developed.

Введение

Важным звеном в структуре заготовительной и перерабатывающей отрасли народного хозяйства Республики Беларусь является комбинат хлебопродуктов, основной элемент которого — элеватор. Хранение зерна и зернопродуктов характеризуется сложным технологическим процессом, из-за большого количества единиц оборудования, и, как следствие, значительного потребления энергии.

Зерно имеет свойство самосогреваться и терять свое качество, вплоть до порчи. Процесс обнаружения очагов самосогревания достаточно сложен. Поэтому проблема повышения эффективности управления системой хранения зерна и зернопродуктов на основе оптимального управления технологическими процессами актуальна [1].

Составными частями автоматизированной системы управления комбинатом хлебопродуктов являются подсистемы отдельных технологических процессов [2], которые постоянно обновляются. Возникает проблема усовершенствования методов, используемых при построении данных автоматизированных систем.

Поэтому цель данной работы — формулировка задачи для разработки математической модели зернохранилища, на основании которой можно будет строить энергоэффективные автоматизированные системы управления комбинатов хлебопродуктов, а также повышать эффективность существующих систем управления.

Чтобы достичь цели необходимо решить следующие задачи:

- определить характер внешних и внутренних операций по приему зерна;
- формализовать требования, предъявляемые к размещению зерна в силосах;
- разработать обобщенную принципиальную технологическую схему элеватора.

Основная часть

Элеватор представляет собой сложную систему [3], которая характеризуется большими объемами информации о качестве и количестве зерна, наличием параллельных участков и рециклов движения зерна. Все это обуславливает необходимость применения средств вычислительной техники для оперативного управления элеватором.

Технологическая схема элеватора включает в себя ряд транспортирующих (транспортеры, норрии) и технологических (сепараторы, сушилки и др.) машин. Последовательность транспортирующих машин, при помощи которых происходит доставка зерна к месту технологической обработки, хранения или отпуска, называется маршрутом. Перемещение зерна на элеваторе производится партиями и порциями. Под партией понимают определенное количество зерна, перемещенное без прерывания работы маршрута. Количество зерна, перемещаемое без перестройки маршрута, называется партией.

Все операции с зерном, проводящиеся на элеваторе, имеют определенную степень важности. Внешние операции регламентируются различного рода положениями и нормами. Они считаются более важными из-за того, что их выполнение связано с железной дорогой и автомобильным транспортом.

В табл. 1 предлагается расположение операций, выполняемых элеваторами в соответствии с их приоритетами.

Приоритет операций учитывается при определении очередности их выполнения, если отсутствуют свободные маршруты, которые могут обеспечить их проведение одновременно. Указанный порядок приоритетов действует в случае возникновения одновременной потребности в выполнении двух или большего количества разноприоритетных операций. При решении вопроса о прерывании выполнения той или иной работы операцией более высокого приоритета

Таблица 1. Приоритеты операций, выполняемых технологической схемой

№	Наименование операций	Приоритет
1	Внеочередные, аварийные	0
2	Прием зерна с автомобильного, железнодорожного транспорта (внешние операции)	1
3	Отпуск зерна на те же виды транспорта (внешние операции)	1
4	Отпуск зерна на зерноперерабатывающие предприятия	2
5	Перемещение зерна, связанное с заполнением (опорожнением) оперативных емкостей, сушилок	3
6	Перемещение зерна, связанное с заполнением (опорожнением) оперативных емкостей сепараторов	4
7	Внутреннее перемещение зерна	5

необходим анализ сложившейся производственной обстановки.

Источниками заявок на различные операции с зерном – $n_i \in N$ называются устройства технологической схемы, в которых происходит накопление зерна, несвязанное с процессом перемещения его с помощью основного транспортирующего оборудования. Ими являются начальные точки всех маршрутов элеватора.

Конечными точками маршрутов – $k_i \in K$ считают устройства технологической схемы, принимающие зерно от источников заявок (отпускные и верхние оперативные емкости технологических машин).

Отдельные единицы транспортирующего оборудования $y_i \in Y$ служат для перемещения зерна и не изменяют показатели его качества.

В общем виде маршрут может быть представлен в виде вектора:

$$M = (N_n, y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_{n-1}, K_n), \quad (1)$$

где i – фаза обслуживания ($i=1, 2, \dots, n-1$).

Каждому k – му источнику заявок соответствует некоторое множество допустимых маршрутов – D_{ik} , которое в общем случае делится на два подмножества: DS_{ik} , обеспечивающее совмещение операций и DX_{ik} , связывающее источник заявок с силосным корпусом.

Все конечные точки маршрутов связаны с силосным корпусом одним или большим числом маршрутов, входящих в состав подмножества DX_k . Очевидно, что множество всех маршрутов элеватора – D включает в качестве составляющих DS_i , DX_i и DX_k ($DS_{ik} \in DS_i$, $DX_{ik} \in DX_i$).

В работах авторов, исследовавших закономерности движения зерна в элеваторе и поступления транспортных средств с зерном на элеватор под погрузку и разгрузку [4, 5], показано, что этот процесс носит стохастический характер.

Исследования [6], проведенные на ряде элеваторов, показали, что поток порций зерна внутри элеватора и поступающих от приемных устройств с автомобильного и железнодорожного транспорта, в общем виде может

быть описан законом Эрланга k -го порядка. Значение " k " зависит от конструктивных особенностей транспортирующего оборудования и приемных устройств, их мощности и организации проведения операций по приему (отпуску зерна) зерна.

График внешней и внутренней работы по перемещению порции зерна составляется исходя из общего количество зерна, подлежащего перемещению; типов, производительности и конструктивных особенностей транспортных средств, поданных под погрузку (разгрузку); время, необходимое на вспомогательные операции, сопутствующие процессу перемещения зерна.

При нормальной и ритмичной работе предприятия, соответствии зерна всем кондидиционным нормам и небольшом объеме внутренней и внешней работы можно рассчитать численное значение интенсивности моментов подачи или отбора зерна. Однако из-за самосогревания зерновой насыпи, а также охлаждения зерна с целью обеззараживания, моменты начала перемещения порций зерна заранее не могут быть определены.

Таким образом, можно утверждать, что поток требований на обслуживание, поступающий от каждого устройства схемы движения зерна, будет случайным. Этот вывод подтверждается исследованиями [6, 7] и наблюдениями автора данной статьи, проведенными на элеваторах в городах Лида, Новобелица, Лиозно, Житковичи, Толочин. При этом общая интенсивность суммарного потока требований на перемещение зерна равна сумме интенсивностей отдельных потоков.

Зерно, перерабатываемое (перемещаемое) на элеваторе, имеет различные объемный вес и сыпучесть, являющиеся функциями влажности и засоренности. Изменение этих характеристик влияет на величину фактической производительности транспортеров и норий.

В соответствии с правилами организации и ведения технологического процесса на элеваторах и хлебоприемных предприятиях [8], на элеваторах расчетно-эксплуатационную производительность ($q_{p.э}$) оборудования определяют по формуле:

$$q_{p.э} = \alpha \times k \times q_n, \quad (2)$$

где α – коэффициент, характеризующий отношение фактической производительности к паспортной (q_n);

k – поправочный коэффициент, зависящий от условий хранения, культуры зерна, влажности и содержания отдельных примесей.

В настоящее время на элеваторах об условиях хранения и состоянии хранящейся зерновой массы судят по показаниям систем измерения температуры зерна. Как правило, эти системы очень устарели, и имеют невысокую точность $\pm 1,5-2$ °С [1, 2], а в ряде

случаев вообще не функционируют. Такая неполнота информации затрудняет регулирование продолжительности нахождения зерновой массы в силосе и определение момента применения оздоровительных мероприятий (перемещение, активное вентилирование, подработка). Поэтому, чтобы не допустить порчи зерна, частота оздоровительных мероприятий выше необходимой. Это приводит к увеличению количества заявок на перемещение, и снижает качество зерна вследствие его дробления при перемещении.

Такое увеличение количества заявок возникает в период заготовки, что связано с поступлением недосушенного зерна (нехватка зерносушильных мощностей в хозяйствах). До сих пор заявки, возникающие по причине самосогревания зерна, при разработке математической модели не учитывались, из-за высокой стоимости и сложности систем измерения температуры, а также сложности оценки времени возникновения очагов с высокой температурой. Развитие измерительной техники (повышение точности измерения температуры до 0,5 – 0,1⁰C) и методов прогнозирования состояния зерновой массы позволило учитывать заявки, возникающие из-за самосогревания зерна при построении обобщенной принципиальной технологической схемы элеватора.

Силос, как объект для размещения зерна, может характеризоваться вектором вида:

$$SIL = (NS, OSE, NPZ, ZS_i, \Delta ZS_i, W_j, \Delta W_j), \quad (3)$$

где NS – номер силоса;

OSE – остаток свободной емкости;

NPZ – номер партии зерна, объединяющий определенную совокупность признаков, которые не могут быть изменены на элеваторе технологически (содержание клейковины, стекловидность, зольность, сорт и тип зерна и т.д.);

ZS_i – верхняя граница показателя засоренности;

ΔZS_i – диапазон изменения засоренности, в котором допускается смешивание зерна (при i=1 – чистое; i=2 – средней чистоты и сорное до ограничительных кондиций; i=3 – сорное свыше ограничительных кондиций);

W_j – верхняя граница показателя влажности;

ΔW_j – диапазон изменения влажности, в котором допускается смешивание зерна (при j=1 – до 15,5 %; j=2 – от 15,5 до 17%; j=3 – от 17 до 19%).

Размещение порции зерна в данном силосе возможно в случае, если размер этой порции меньше компоненты OSE вектора SIL, а значения компонент NPZ, ZS, и W зерна порции и зерна в силосе соответствуют друг другу (ZS_i – ΔZS_i ≤ ZS ≤ ZS_i и W_j – ΔW_j ≤ W ≤ W_j).

Для проведения операций перемещения зерна на элеваторах необходимо иметь не менее одного свободного силоса на каждый надсилосный транспортер.

На основании вышеизложенного, предполагается: зерно, поступившее на элеватор (или хранящееся

там), характеризовать показателем качества, представляющим собой вектор вида

$$KACH = (NPZ, ZS, W), \quad (4)$$

где ZS – засоренность, %;

W – влажность, %.

Конечные значения засоренности (ZS_к) и влажности (W_к) определяются целевым назначением зерна.

Если технологическая обработка необходима и ведется при помощи оборудования, которое при заданном значении производительности позволяет уменьшить значения ZS и W на ΔZS ΔW соответственно, то количество циклов очистки (KCO) и сушки (KCS) может быть определено по формулам

$$KCO = \text{entire} ((ZS - ZS_k) / \Delta ZS + 1); \quad (5)$$

$$KCS = \text{entire} ((W - W_k) / \Delta W + 1). \quad (6)$$

При определении численных значений KCO и KCS необходимо учитывать, что ΔZS и ΔW определяются начальными величинами ZS и W.

В общем случае вид и последовательность необходимой технологической обработки для партий зерна, обрабатываемых (хранящихся) на элеваторе, могут быть представлены в виде матрицы || O_{ij} ||, где строки соответствуют номерам партий зерна, а столбцы – порядковому номеру технологической операции, проводимой над данной партией зерна.

Элемент матрицы O_{ij} зависит от текущих значений ZS и W и может принимать следующие значения:

$$O_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{при } W - W_k > 0 \\ 2 & \text{при } ZS - ZS_k > 0 \\ 0 & \text{при } W - W_k \leq 0 \wedge ZS - ZS_k \leq 0, \end{cases} \quad (7)$$

где «1», «2» и «0» соответственно означают:

- j-ой технологической операцией является сушка зерна;
- j-ой технологической операцией является очистка зерна;
- число необходимых операций технологической обработки меньше j.

Используя предложенный математический аппарат и проведя анализ функций различных типов элеваторов, была разработана обобщенная принципиальная технологическая схема (рис 1), которая предусматривает все виды операций, выполняемых элеваторами.

Кроме основных видов технологических операций, таких как прием зерна, сушка, очистка, хранение, отпуск на различные виды транспорта, возможно проведение «нетипичных» технологических операций (на схеме они указаны цифрами в кружочках):

- 1) охлаждение с целью обеззараживания;
- 2) охлаждение зерна, у которого началось самосогревание;
- 3) обеззараживание зерна высокой температурой в сушилках;

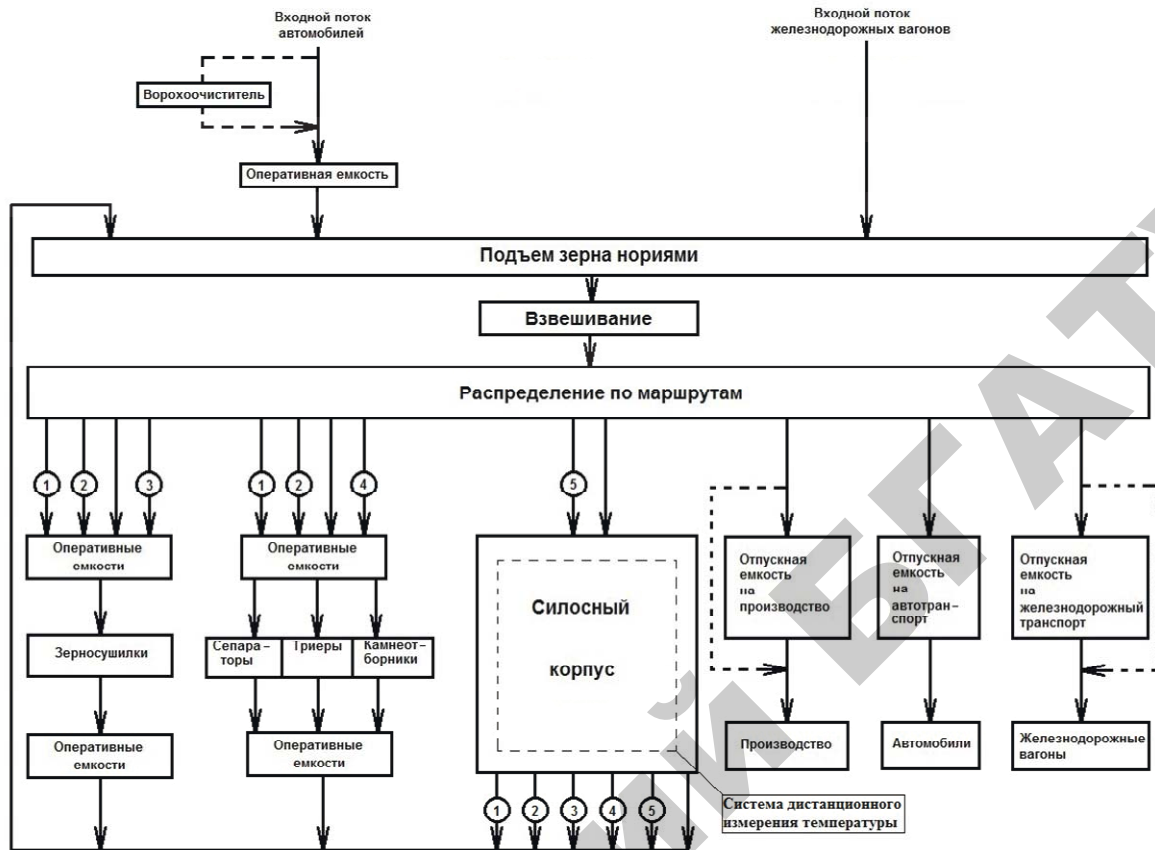


Рисунок 1. Обобщенная принципиальная технологическая схема элеватора

- 4) освежение зерна;
- 5) создание крупных однородных партий.

Следует отметить, что зерно для проведения операций 1-5 и зерно, предназначенное для отпуска, подается только из силосного корпуса.

Технологический процесс любого типа элеватора может быть выделен как часть обобщенной принципиальной технологической схемы – путем исключения отдельных ее элементов. Так, например, схема технологического процесса на Негорельском элеваторе получается путем исключения ветви отпуска на комбикормовый цех.

Заключение

Анализ производственных процессов зерновых элеваторов показал, что характер операций технологического процесса на них является непрерывно-дискретным.

При формализации требований, предъявляемых к технологическому процессу элеватора, учтены операции по оздоровлению зерна в результате самосогревания.

Разработана обобщенная принципиальная технологическая схема элеватора для построения на ее основе имитационно-статистической модели и использования ее в системах АСУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боуманс, Г. Эффективная обработка и хранение зерна/ Г. Боуманс: пер. с англ. В.И. Дашевского. – М.: Агропромиздат, 1991.
2. Соколов, В.А. Автоматизация технологических процессов пищевой промышленности/ В.А. Соколов. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 245.
3. Трисвятский, Л.А. Хранение зерна/ Л.А. Трисвятский. - М.: ВО «Агропромиздат», 1986. – 246 с.
4. Фасман, В.Б. Оперативный расчет работы элеваторов/ В.Б. Фасман. – М.: Заготиздат, 1963. – С. 187.
5. Шумский, Д.В. Элеваторно-складское хозяйство/ Д.В. Шумский. – М.: Заготиздат, 1940, ч.1. – 1941, ч.2.
6. Разработка комплекса технических средств и программного обеспечения по реализации подсистемы нижнего уровня АСУ ТП на уровне исполнительных элементов: отчет о НИР (заключ.)/ ГУ «НИПТИхлебопродукт». – Мн., 1998. – 45 с. – № ГР 19983691.
7. Разработка методики определения производственных мощностей действующих предприятий мукомольно-крупяной и комбикормовой промышленности: отчет о НИР (заключ.)/ Государственное учреждение «НИПТИхлебопродукт», 1998. № ГР 19983938.
8. Правила организации и ведения технологического процесса на элеваторах и хлебоприемных предприятиях: ЦНИИТЭИ Минзага СССР. – М., 1985. – 123 с.