

ТИПОВЫЕ РЕШЕНИЯ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ СКЛАДОВ ДЛЯ МЕЖОПЕРАЦИОННОГО ХРАНЕНИЯ ПОЛУФАБРИКАТОВ

А.Н. Камакин (Филиал АО "Кордиант"), Ю.В. Васильков (ЯГТУ)

Сформулированы отличия производственного склада полуфабрикатов от логистического центра, приведен обзор систем автоматического транспортирования полуфабрикатов для производств, предложены компоновочные варианты складов полуфабрикатов и их характеристики.

Ключевые слова: межоперационное хранение, склад полуфабрикатов, автоматически управляемые тележки, ограничения строительных колонн.

Ассортимент продукции у современных нефтехимических производств постоянно увеличивается, поточное производство практически полностью замещается серийным выпуском продукции. Продолжительность большинства последовательно выполняемых операций производств не равна друг другу. Например, производительность современных сборочных станков для шин примерно в 10 раз выше производительности вулканизационного шинного оборудования. В таких случаях для снижения числа переналадок сборочного оборудования целесообразно выпускать полуфабрикаты одной модели партиями, которые затем в течение нескольких смен (суток) будут обрабатываться на следующем участке.

Для такого "партионного" режима работы участков требуется организация складов для межоперационного хранения полуфабрикатов.

Основные отличия производственного склада полуфабрикатов от логистического центра.

1. Полуфабрикаты хранятся в специальной таре, которая сохраняет их геометрические размеры постоянными; конструкция тары может разрабатываться по индивидуальному заказу. В эту тару полуфабрикаты укладываются после выпуска; в этой же таре, как правило, полуфабрикаты должны доставляться к перерабатывающему оборудованию. Полуфабрикаты обычно не имеют упаковки. В логистических центрах грузы размещены на стандартных поддонах / паллетах и упакованы.

2. Для полуфабрикатов в большинстве случаев требуется соблюдение принципа FIFO ("первый вошел, первый вышел"), так как полуфабрикаты имеют ограниченный срок технологической годности (до 10 дней). В логистических центрах для промышленных товаров (кроме медицинских грузов) можно использовать другие алгоритмы управления хранением (например, LIFO).

3. Изменение степени заполнения склада полуфабрикатов от минимального до максимального значения происходит быстро, в течение нескольких часов. Логистические центры проектируются для существенно меньшей динамики процессов заполнения/опорожнения.

4. Форма на плане цеха для доступных площадей и расстояния между капитальными частями здания задают (ограничивают) конфигурацию склада для межоперационного хранения полуфабрикатов: чаще

всего здание имеет расстояние 6 м между центрами его капитальных (неперемещаемых) колонн, расстояние от пола до нижней части потолочных ригелей также порядка 6 м. В логистических центрах здание строится для конкретной конфигурации склада, поэтому там конструкция здания не является источником ограничений.

Традиционно склады логистических центров имеют следующие рабочие зоны: приема и распределения грузов; временного хранения грузов; формирования заказов и их отгрузки.

У складов для межоперационного хранения полуфабрикатов добавляется еще зона для временного хранения оборотной тары, а зоны приема и отгрузки используются, в том числе и для подготовки тары, изменения направления ее движения (поворотов, разворотов). При проектировании стремятся получить наиболее плотное размещение грузов на складах временного хранения.

В настоящей статье рассматриваем полуфабрикаты, геометрические размеры которых соотносятся с расстоянием между колонн здания в соотношениях 1/3...1/10 (например, диаметр хранимого полуфабриката равен 800 мм, а расстояние между центрами колонн производственного корпуса равно 6 м). Предполагаем, что полуфабрикаты должны размещаться на особых поддонах (тележках) - для одной (индивидуальные) или нескольких единиц полуфабрикатов. Поддоны для нескольких единиц могут быть одноярусные или многоярусные (с верхней полкой, расположенной $\leq 1,5$ м) [1]. Разные модели

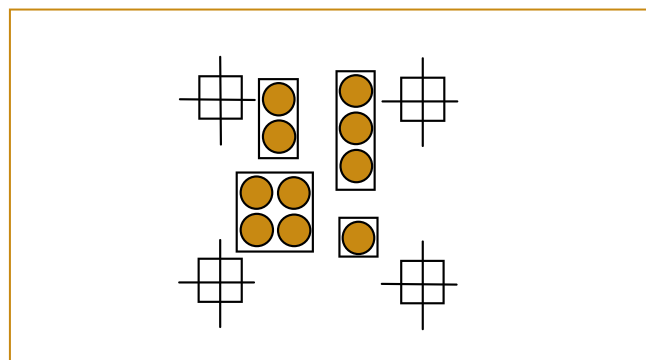


Рис. 1. Вид сверху поддонов с размещенными на их полках с 1, 2, 3, 4 полуфабрикатами одной модели в пространстве между колоннами на плане здания

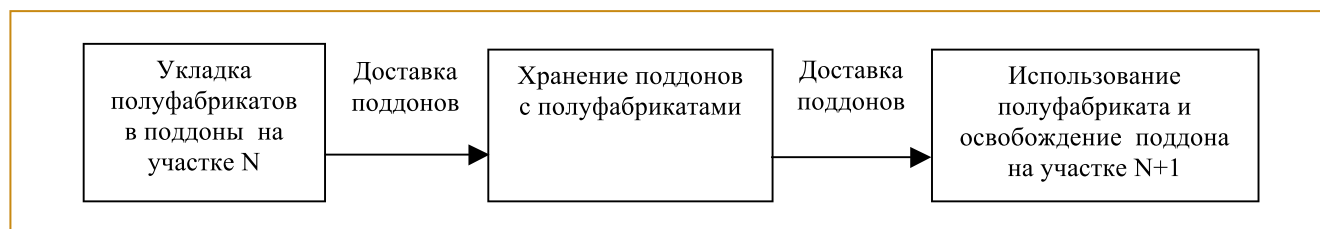


Рис. 2. Вариант схемы процессов с использованием AGV

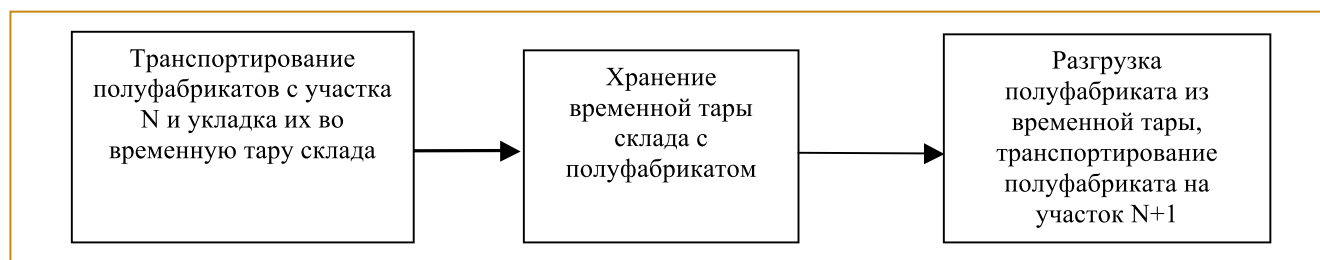


Рис. 3. Вариант схемы процессов с использованием порталных роботов

полуфабрикатов должны храниться на разных поддонах. Примеры поддонов на плане корпуса приведены на рис. 1. Сами поддоны могут быть спроектированы для их размещения в несколько ярусов.

Для автоматического транспортирования поддонов их предпочтительной формой является "квадрат", что удобно для их поворотов при движении по ортогональным траекториям. Поддоны могут быть предназначены для перемещения по полу [2], по направляющим, либо по конвейерам (рольгангам). Часто напольные поддоны имеют колесные опоры или шаровые роликовые колеса.

Серийно выпускаемые средства для автоматического перемещения поддонов, которые могут применяться на складах [3].

а) Автоматически управляемые тележки (AGV - Automatic guided vehicle). Тележки могут иметь закрепленную на них тару для полуфабрикатов, но чаще они перемещают отдельные поддоны с полуфабрикатами: используя данные локальной системы навигации, они автоматически заезжают под поддон, закрепляются, приподнимают его, отрывая от пола, и доставляют поддон в требуемую точку склада (рис. 2). Склад с AGV требует использования части его площади для организации транспортных подъездов ("коридоров") к местам хранения поддонов. Склад может быть быстро расформирован для перепрофилирования площадей здания, организации проездов для ввоза оборудования и т.д. Требуемое число AGV может быть определено с помощью имитационного моделирования.

б) Портальные автоматические роботы могут размещаться в пространстве между колоннами. Используют менее 1 м межколонного расстояния для размещения своих горизонтальных путей. При высоте потолка здания, равной 6 м, и использовании телескопических вертикальных направляющих для

захвата, порталные роботы могут обеспечить высоту склада не менее 4 м. Протяженность зоны склада, обслуживаемой одним порталным роботом, ограничена требованиями к времени доставки поддонов (максимальному времени рабочего цикла). Обычно используют индивидуальные поддоны для полуфабрикатов квадратной формы со стойками, размещая их в несколько ярусов. Транспортирование полуфабрикатов до склада хранения и до следующего участка может осуществляться как с помощью транспортеров и конвейеров (рис. 3), так и с помощью другой "мобильной" тары с дополнительными разгрузочно-погрузочными операциями, хотя этого стараются избегать. Способ доступа к конкретным стопкам произвольный, а к поддонам внутри стопок - LIFO.

в) Краны-штабелеры предполагают многоярусное размещение поддонов: они могут занимать пространство от пола до потолка. Для этого должны быть смонтированы стеллажи с одной или с двух сторон от этого крана-штабелера. Временная тара склада (поддон) может быть вмонтирована в каждую ячейку стеллажа. Способ доступа к конкретным ячейкам - произвольный. В остальном процессы схожи с порталными роботами.

г) Толкающие конвейеры могут обеспечить движение поддонов (обычно - многоярусных) по заданной траектории. Конвейеры могут быть подвесные или вмонтированные в пол.

Многообразие вариантов организации складов для межоперационного хранения полуфабрикатов, как правило, сильно ограничено строительными колоннами, размещенным технологическим оборудованием и архитектурой зданий. Однако в большинстве случаев можно применить указанные ниже практические компоновки, учитывающие эти ограничения. В сложных случаях типовые компоновки можно комбинировать.

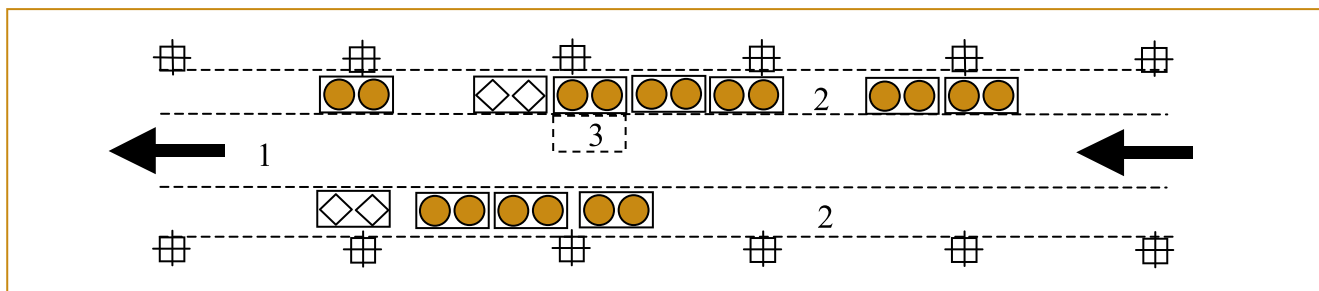


Рис. 4. Схема размещения "коридор", где 1 - главный проезд "коридора", 2 - зоны хранения, 3- схема выдвигания многоярусного поддона с места хранения.

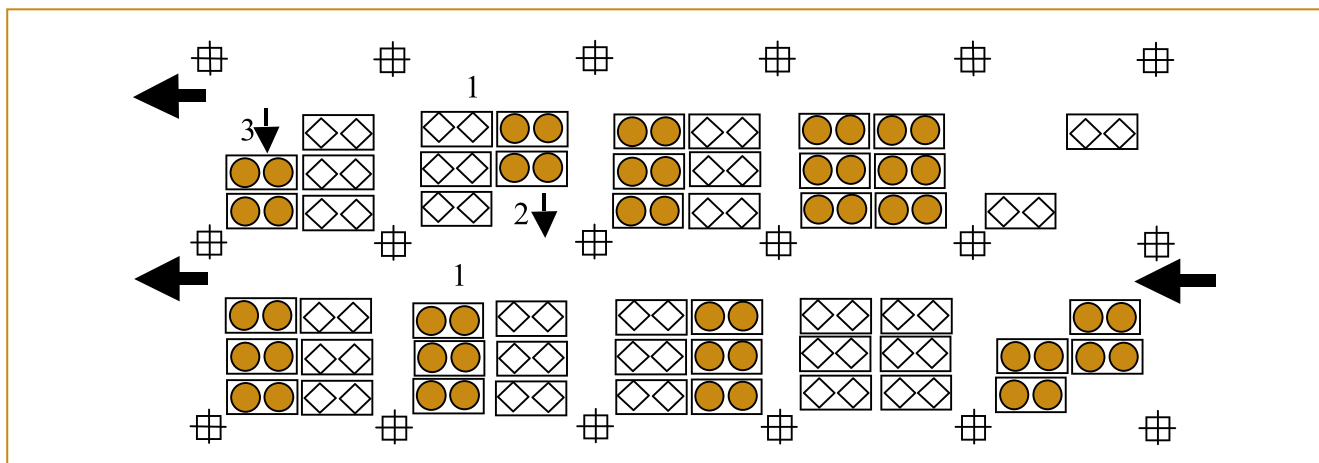


Рис. 5 Схема размещения "Зоны с проездами": полуфабрикаты одной модели хранятся группами, где 1 - проезды между зонами склада, 2 - ряд, из которого начато потребление полуфабрикатов, 3 - заполняемый ряд.

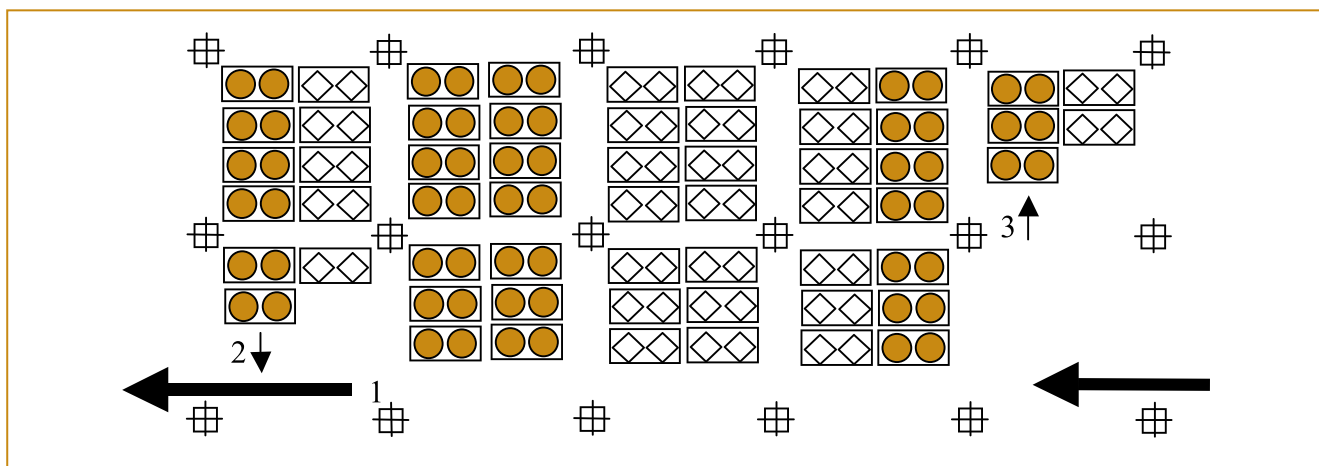


Рис. 6. Схема размещения "Тупик", где 1 - главный проезд, 2 - ряд, из которого начато потребление полуфабрикатов, 3 - заполняемый ряд.

Вариант №1 организации склада - "Коридор".

Поддоны (многоярусные) располагаются вдоль "коридора" (центрального проезда) между колоннами здания в один ряд, с одной или с двух сторон (рис.4), обеспечивая свободный доступ к каждому поддону. Все места хранения адресуются, поэтому расстановка поддонов может быть произвольной: разные модели могут храниться рядом друг с другом. Доставку поддонов осуществляет AGV. Автоматизированная система управления складом по запросу указывает самый "старый" поддон для его расходования.

Вариант №2 организации склада - "Зоны с проездами".

Поддоны (многоярусные) располагаются группами (рядами) одной модели. Число групп не ограничено, места для новых моделей могут назначаться из свободного пула, автоматизированная система отслеживает заполнение групп. После полного заполнения "ячейки" она становится в очередь на выгрузку (рис. 5). К каждой группе должно быть по два подъезда: один для заполнения, второй для изъятия поддонов группы. Доставку поддонов осуществляет AGV.

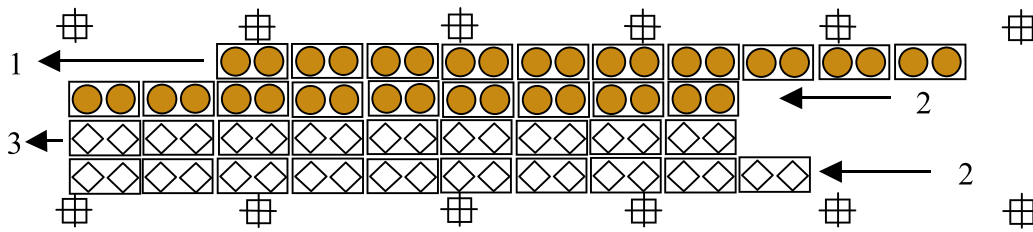


Рис. 7. Схема размещения "Конвейер", где 1 - ряд, из которого начато потребление полуфабрикатов, 2 - заполняемый ряд, 3- ряд с продвижением поддонов к точке выгрузки.

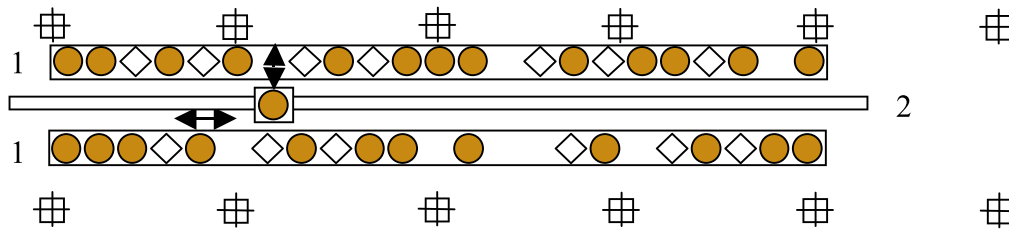


Рис. 8. Схема размещения "Стеллажное хранение", где 1 - стеллажи, 2 - кран-штабелер.

Автоматизированная система управления складом указывает самую "старую" группу поддонов для заданной модели.

Вариант №3 организации склада - "Туник".

Поддоны (многоярусные) располагаются рядами, каждая модель полуфабриката хранится в своем ряду (рядах). Ряд с помощью AGV заполняется поддонами до предела, потом начинается потребление полуфабрикатов из него до полного опорожнения. Желательно для каждого полуфабриката выделить не менее двух рядов: первый будет заполняться поддонами со "свежими" полуфабрикатами, а из второго будет осуществляться расходование (рис. 6). Принцип подачи полуфабрикатов из ряда - LIFO, между рядами - FIFO. Один из недостатков такой организации склада - для всех моделей выделяется (резервируется) одинаковая площадь для хранения, хотя число хранимых поддонов у разных моделей может быть различным: для одних моделей больше, для других - меньше.

Вариант №4 организации склада - "Конвейер".

Поддоны (многоярусные) располагаются последовательно, в виде цепочек, каждая модель полуфабриката хранится в своем ряду (рис. 7). Ряд с помощью AGV или гравитационных накопителей или конвейеров-толкателей заполняется поддонами, возможны разные алгоритмы такого заполнения:

- заполнить всю "цепочку", а потом начать расходование из нее;
- все поддоны перемещать как можно ближе к зоне разгрузки ("уплотнять");
- прекращать заполнение "цепочки", если из нее досрочно начался расход.

При отсутствии автоматического перемещения поддонов к зоне разгрузки требуется для каждого полуфабриката выделить не менее двух рядов: первый будет

Истинный ученый - это мечтатель, а кто им не является, тот называет себя практиком.

О. Бальзак

заполняться поддонами со "свежими" полуфабрикатами, а из второго будет осуществляться расходование. Принцип подачи полуфабрикатов - FIFO. Достоинства:

- минимально возможное перемещение таромест от зоны поступления до зоны отгрузки;
- отсутствие разворотов мобильных мест хранения.

Возможный недостаток склада - для всех моделей выделяется (резервируется) одинаковая площадь для хранения, хотя количество хранимых поддонов у разных моделей может быть различным: для одних моделей больше, для других - меньше.

Вариант №5 организации склада - "Стеллажное хранение".

В пространстве между колоннами здания устанавливается один или два ряда многоярусных стационарных стеллажей для хранения полуфабрикатов (рис. 8), их ячейки должны быть специальной формы (либо используются одноярусные поддоны). Все ячейки стеллажей адресуются. Между стеллажами курсирует автоматический кран-штабелер. Потенциальный недостаток решения - требуется дополнительное перемещение полуфабрикатов на поддоны для доставки к оборудованию. В одном эталонном "квадрате" с высотой потолка 6 м и высотой ячейки стеллажа 0,5 м можно разместить $5 \times 6 / 0,5 \times 2 = 120$ полуфабрикатов.

Вариант №6 организации склада - "Штабельное хранение поддонов".

Все пространство между колоннами заполняется специальными одноярусными паллетами, которые

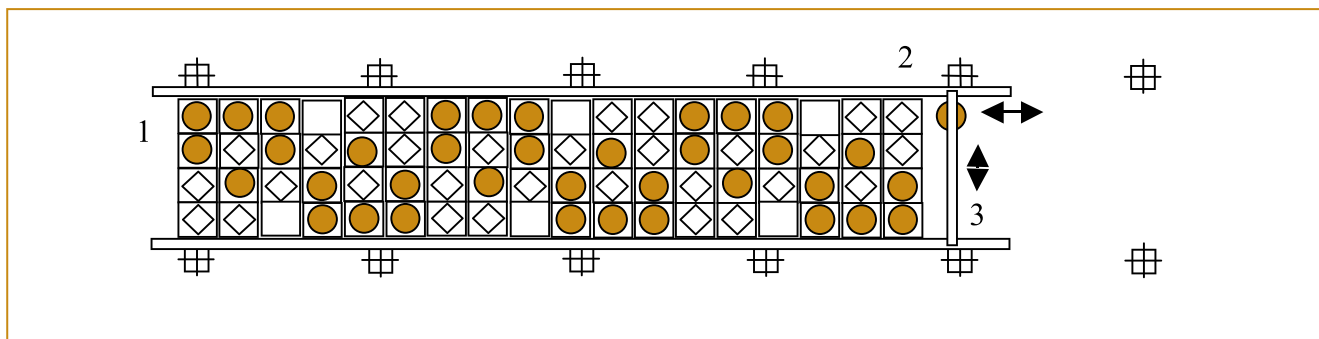


Рис. 9. Схема размещения "Штабельное хранение поддонов", где 1 - зона размещения поддонов, 2 - направляющие пути портального робота, 3 - портальный робот

Таблица. Характеристики типовых складских решений

Наименование компоновки / Характеристика решения	№1 Коридор	№2 Зоны с проездами	№3 Тупик	№4 Конвейер	№5 Стеллажное хранение	№6 Штабельное хранение поддонов
Тип поддона	Стеллаж многоярусный	Стеллаж многоярусный	Стеллаж многоярусный	Стеллаж многоярусный	Ячейки стационарного стеллажа	Одноярусный поддон
Размещение поддонов по высоте склада	Одноярусное	Одноярусное	Одноярусное	Одноярусное	Многоярусное	Многоярусное
Наличие стационарных конструкций у склада	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Способ доступа к местам хранения	Произвольный	Последовательно-произвольный	Последовательный	Последовательный	Последовательный	Последовательный
Принцип подачи поддонов со склада	FIFO	FIFO	FIFO между рядами, LIFO внутри каждого ряда	FIFO	FIFO	FIFO между штабелями, LIFO внутри штабеля
Возможность обеспечить FIFO в пределах одной модели полуфабриката	Да	Да	Нет	Да	Да	Нет
Способ транспортирования поддонов	AGV	AGV	AGV	Конвейер, AGV	Кран-штабелер	Портальный робот
Возможность ручной транспортировки поддонов	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет
Длительность оперативного освобождения площадей склада, ч	< 1	< 1	< 1	< 1	> 120	> 120
Максимальная вместимость эталонного участка склада 6 x 6 м, полуфабрикатов, ед.*	4 x 8 = 32	6 x 8 = 48	8 x 8 = 64	8 x 8 = 64	5 x 6/0,5 x 2 = 120	5 x 4 x 10=200

* - емкость эталонного многоярусного поддона равна восьми полуфабрикатам: 4 яруса, по 2 полуфабриката в каждом.

можно устанавливать друг на друга. Перемещение паллет выполняет порталый робот. Для каждой модели требуется не менее двух штабелей: в один устанавливаются поддоны, из другого выполняется отгрузка поддонов.

Потенциальный недостаток решения - требуется дополнительное перемещение полуфабрикатов на поддоны для доставки к оборудованию. В одном "квдрате" можно разместить $5 \times 4 \times 10 = 200$ полуфабрикатов.

Характеристики типовых решений по автоматизации складов для межоперационного хранения полуфабрикатов приведены в таблице. Указанную информацию предлагается использовать для предварительного выбора варианта организации

складов полуфабрикатов на действующих производствах. Возможны варианты модификации приведенных типовых решений и их комбинирование для конкретных условий эксплуатации.

Список литературы

1. *Андраников Б.И.* Механизация и автоматизация технологических и транспортных операций в производствах шин и резиновых технических изделий. М., "Химия". 1972. 512 с.
2. Автоматизированные промышленные стеллажи // Автоматизация в промышленности. 2012. №11.
3. *Gwynne Richards.* Warehouse Management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse. Kogan Page. 2018. 701 с.

Камакин Александр Николаевич — канд. техн. наук, ведущий специалист филиала АО "Кордиант" (г. Ярославле),
Васильков Юрий Викторович — д-р техн. наук, проф. Ярославского государственного
 технического университета.
 Контактный телефон (4852) 79-13-07.
 E-mail: alekam@bk.ru, myvas@gamp.ru

Электронная система обходов оборудования Ангарского Азотно-тукового завода

Специалисты НПП «СпецТек» и ООО «Ангарского Азотно-тукового завода» (ААТЗ) начали работы по проекту внедрения электронной системы обходов оборудования завода. Система реализуется на web-платформе, с использованием мобильного приложения TRIM-Mobile.

Электронная система обходов оборудования (ЭСО) — это многопользовательская система для распределенного сбора, учета и упорядочения данных о результатах обходов, осмотров оборудования и контроля технологических параметров его работы, с использованием мобильных устройств и Web-технологий.

Работа в ЭСО предполагает, что линейный персонал в процессе обхода использует смартфон (планшет) с приложением TRIM-Mobile. С его помощью персонал получит удаленный доступ к данным по оборудованию и сможет вводить информацию в заводскую базу данных, находясь при этом в цеху, рядом с оборудованием. В свою очередь, руководители будут получать оперативную информацию по обходам и осмотрам непосредственно из производственной зоны, основывая на ней свои решения в области технической эксплуатации, а также смогут в реальном масштабе времени контролировать выполнение осмотров и соблюдение маршрутов обходов.

Стартовой площадкой проекта в ООО «ААТЗ» стал производственный участок неконцентрированной азотной кислоты (НАК) цеха 33/36. К настоящему времени специалисты НПП «СпецТек» выполнили обследование на территории завода, собрали исходные данные для настройки системы и подготовки базы данных, обучили сотрудников завода формировать электронные описания обходов по специальному

шаблону, а последние приступили к заполнению шаблонов обходов информации по содержанию, маршрутам обходов и параметрам осмотров.

В дальнейшем участникам проекта предстоит обеспечить создание базы данных объектов осмотра путем выгрузки данных из системы «Галактика ERP» и загрузки их в создаваемую систему, а также загрузить в ЭСО данные из шаблонов обходов.

Компания НПП «СпецТек» поставит заказчику NFC-метки для идентификации объектов осмотра, мобильные устройства в защищенном исполнении, а также лицензию на использование программного обеспечения TRIM на 14 пользователей, включая исполнителей обходов. Программное обеспечение TRIM будет развернуто на стационарных рабочих местах и на мобильных устройствах. Будет также реализован доступ пользователей к функционалу TRIM через Web-браузер.

Силами завода на оборудовании участка НАК будет размещено 100 NFC-меток, а специалисты НПП «СпецТек» привяжут эти метки к объектам осмотра в базе данных. Это позволит исполнителям обходов осуществлять автоматическую идентификацию объектов осмотра по NFC-меткам и получать по ним информацию из базы данных с выводом на экран мобильного устройства. Также НПП «СпецТек» разработает модуль интеграции, который обеспечит обмен данными между ЭСО и системой «Галактика ERP».

Предполагается, что успешная реализация проекта даст возможность развития системы и последующего охвата всего производства ООО «ААТЗ». Ранее аналогичная система была успешно внедрена на КАО «Азот».

<https://trim.ru>