

НИКОЛАЙ ДИМИТРОВ

СИЛОЗНО-СКЛАДОВА ТЕХНОЛОГИЯ

КРАТЪК ЛЕКЦИОНЕН КУРС

Съставил: Николай Д. Димитров
Редактор: Николай Д. Димитров
Коректор: Николай Д. Димитров
Набор и предпечатна обработка: Николай Д. Димитров

Предпечатната обработка е реализирана изцяло с безплатен софтуер с отворен изходен код, работещ под управлението на операционна система Linux. Наборът и оформлението е извършено с L^AT_EX (v. 1.6.x и v. 2.0.x), графиките са създадени с Inkscape (v. 0.45.x и v. 0.48.x), а растерните изображения са обработени с GIMP (v. 2.x).

Дизайнът на страниците е създаден от Едуард Тафт и Доналд Нат (Edward R. Tufte & Donald E. Knuth). Единствените разлики са шрифтовете на заглавията. Оригиналните са заменени с най-близките по вид, съдържачи символи на кирилица.

Внимание!!! Лекционният курс е нередактирана версия и съдържа множество стилови и концептуални грешки!! Информацията е представена изключително сбито, без обяснения! Подробности и допълнителни знания се дават по време на лекциите!

Авторско право © Николай Димитров. 2015. Някои права запазени.

- Можете свободно:

Да споделяте — Да копирате и разпространявате производението.

Да променяте — Да променяте производението и да го използвате, като цяло или част от него, във ваши разработки.

- Съгласно следните условия:

Признание — Трябва да посочите авторството на творбата по начина, определен от самия автор или носителя на правата върху производението (но не и по начин, оставящ впечатлението, че същият/същите подкрепят вас или използването по някакъв начин на творбата от вас).

Некомерсиално — Производението не може да бъде използвано за комерсиални цели.

Споделяне на споделеното — В случай, че промените, видоизмените или, използвайки като основа производението, го надградите, то полученото производно произведение може да се разпространява само съгласно условията на същия или на подобен на този договор.

- С разбирането за:

Възможност за промяна - Всяко едно от посочените по-горе условия, може да бъде отменено, ако получите разрешение от притежателя на авторските права.

Обществено достояние - Когато производението или някой от неговите елементи е обществено достояние, съгласно приложимото законодателство, този статус по никакъв начин не се засяга.

- И следните забележки:

Използваните снимки и друга информация са примерни, не са свързани с реклама на съответните фирми и нямат комерсиална цел.

За всяко повторно използване или дистрибуция, вие трябва ясно за останалите да посочите договорните условия за ползване на производението.

Принципите, залегнали в производението са неразделна част от фундаменталните знания по технология на зърносъхранението. Самостоятелното използване на производението може да бъде опасно!! Авторът не носи никаква отговорност за нанесени щети и/или пропуснати ползи от използването на производението и представената в него информация и всичко свързано с него!

В памет на професор Димитър Кузманов!

Съдържание

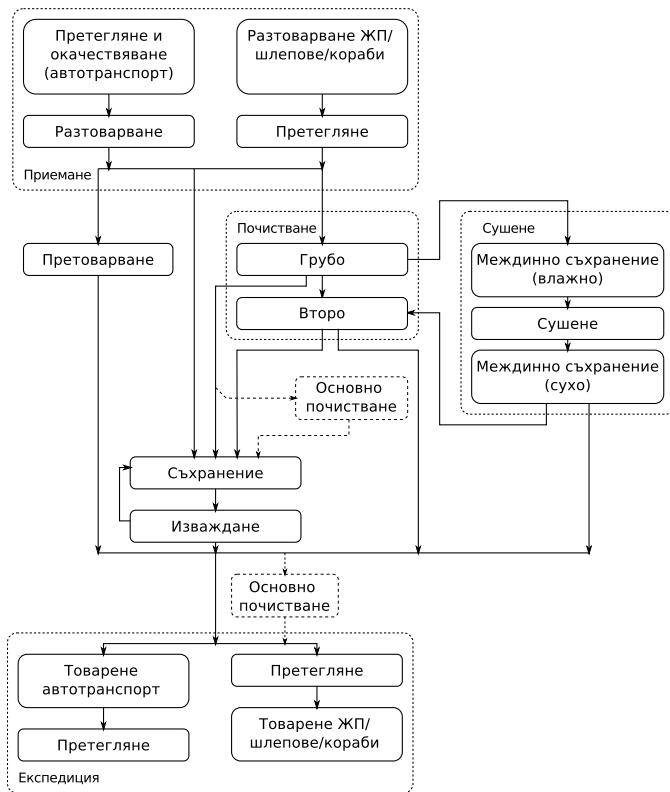
- 1 *Схема на технологичните операции в силозно-складовата технология* 9
- 2 *Зърнохранилища - изисквания, класификация, статични и динамични натоварвания* 13
- 3 *Навеси. Плоски складове. Етажни складове* 18
- 4 *Метални силозни клетки* 22
- 5 *Стоманобетонни силози* 30
- 6 *Вземане и оформяне на проби за анализ от зърнените суровини* 33
- 7 *Претегляне на зърнените суровини* 41
- 8 *Товарене и разтоварване на камиони-зърновози и ЖП вагони* 47
- 9 *Товарене и разтоварване на кораби* 52
- 10 *Почистване на зърнените суровини от примеси* 55
- 11 *Сушене на зърнените суровини - теория на сушенето* 61

- 12 Сушене - нискотемпературно и високотемпературно сушене в клетка
66
- 13 Сушилни - колонни зърносушилни 69
- 14 Промени в качеството на зърното при сушене. Режими на сушене.
Връзка на сушилните с останалите системи 75
- 15 Вентилиране на зърнени суровини при съхранение - теоретични основи,
основни параметри 80
- 16 Условия за вентилиране. Елементи на вентилационната система 86
- 17 Вентилационни уредби в плоски складове и навеси 91
- 18 Вентилационни уредби в силосни клетки 97
- 19 Литература 101

1

Схема на технологичните операции в силозно-складовата технология

Схема на технологичните операции



Фигура 1.1: Блокова схема на технологичните операции в зърнохранилищата.

1. Предварително окачествяване на зърнените суровини

Целта е получаването на предварителна информация за качеството на зърното, което ще се приема за съхранение.

2. Директно приемане и индиректно приемане

(а) Директно приемане

Това представлява приемане направо от полето. Вземат се проби няколко дни преди започване на жътвата, като основните

показатели зависят от вида на суровината. Зърното постъпва с превозните средства НЕРАВНОМЕРНО. През първите часове от денонощието постъпват по-малко камиони, поради влагата на сутрешната роса. Максимумът е в следобедните часове на слънчевите дни. Постъпването зависи и от техническата изправност на камионите и комбайните.

(а) Индиректно приемане

Зърното е предварително съхранено и постъпва от зърнохранилищата на зърнопроизводителите. Вземането на проби става от тях. Приемането е равномерно с предварително уточнен график. Производителността на приемните системи се изчислява въз основа на средното постъпление за час или денонощие.

3. Вземане на проби, окачествяване и определяне на мястото за разтоварване

Първо се вземат проби от транспортните средства – автомобили, ж.п транспорт (вагони) и по-рядко воден транспорт (кораби, шлепове). След това се определя качеството на зърното. Задължително се прави и органолептичен анализ за неспецифичен цвят, мирис и вкус. Според анализа се определя и мястото на разтоварване, което зависи от влажността и качеството.

Пшеницата се разделя на 4 групи: I – висококачествена (силна); II – с повишено качество (средно силна); II Б – средна до слаба (може да се използва за хлебопроизводство); III група – слаба (фуражна). Групите имат и различна цена.

Окачествяването по някои други показатели става след приемането, защото тези анализи изискват повече време.

4. Претегляне - винаги е двукратно, т.е. тегли се бруто и тара или се претегля в поток при ж.п. вагоните и корабите.

5. Разтоварване - извършва се на авто- и ж.п. разтоварища или корабите се разтоварват на специални съоръжения.

6. Почистването се разделя се на ГРУБО, което отделя само най-едриите примеси и ВТОРО, което отделя голяма част от останалите примеси. Двете почиствания могат да се обединят в една машина за т.н. ПРЕДВАРИТЕЛНО ПОЧИСТВАНЕ. Може да се използва и линия за основно почистване, когато има изискване за висока чистота на експедираното зърно.

7. Сушене

Ако влажността е по-висока от критичната за продължително съхранение, зърното отива за краткотрайно съхранение и сушене. След сушенето се изпраща за второ почистване.

8. Съхранение - извършва се в различни по вид зърнохранилища. Целта е да се запази максимално качеството на зърното и да не се допуснат загуби.

9. Експедиция - съхраненото зърно се натоварва и експедира към съответния клиент. Зърнохранилищата, в предприятията за преработка, експедират с вътрешен транспорт към следващите технологични операции.

Основни принципи на технологичните процеси в зърнохранилищата

Прилагане на поточен метод за приемане и обработка на зърното

Поточният метод е залегнал в основата на всеки конвейер и представлява последователно свързване на машини и съоръжения с непрекъснато действие и еднаква производителност.

Ако производителността на машините е различна, се поставят оперативни (буферни) вместимости между тях. Такива вместимости се използват и ако в схемата участват машини с периодично действие.

Съоръжение с различна производителност е зърноосушилнята. Преди и след нея, задължително се поставят оперативни вместимости. Пример за машина с периодично действие е автоматичната везна с кош.

Последователно свързани машини и съоръжения с непрекъснатото действие и еднаква производителност образуват т.н. *технологична линия*.

В зърнохранилищата се обособяват ДВЕ ОСНОВНИ технологични линии:

- Линия за приемане - обхваща всички операции от разтоварването на превозните средства до запълването на вместимостите за съхранение;
- Линия за експедиция - започва от изваждането на зърното от вместимостите за съхранение и приключва с натоварването на транспортните средства.

Освен изброените *основни* технологични линии, в зърнохранилището могат да се предвидят и други като: линия за сушене (поради ниската и непостоянна производителност, тази линия се отделя и работи самостоятелно), линия за "прехвърляне" на зърното от клетка в клетка, линия за основно почистване - включва всички операции за основно почистване на зърното (използват се машини с ниска производителност и висок технологичен ефект, което налага отделянето им в самостоятелна линия), линии за обработка на отпадъците и др.

Производителността на технологичните линии определя избора на машини и съоръжения, удобството при експлоатация, първоначалните инвестиции и възможностите за бъдещи разширения. Колкото по-високи производителности са избрани, толкова по-бързо ще се изпълняват технологичните операции и загубите от престой

на превозните средства ще бъдат ниски. Бъдещи разширения ще се реализират по-лесно и с по-малко средства. От друга страна, високата производителност води до нарастване на първоначалните инвестиции, загуби от работа на машините на празен ход и загуби от престои.

Максимално използване възможностите на технологичното и транспортно оборудване

Този принцип се осъществява чрез включване на оперативни (буферни) вместимости между транспортните и технологичните машини.

Пример: При почистване или подсушаване на зърното, за по-добър технологичен ефект, може да се наложи намаляване на производителността на съответните машини. Това налага да се намали производителността на предходните машини т.е. на цялата технологична линия. Някои от машините принудително ще работят с намален капацитет и възможностите им ще се използват непълно. Това е нерационално и, за да се избегне, е необходимо да отделим “бавните” машини с оперативни (буферни) вместимости и да спираме останалите.

Взаимозаменяемост на транспортното оборудване

Принципът означава извършване на различни операции с едно и също транспортно оборудване. Това е възможно, поради неравномерностите при приемане и експедиция и кратките периоди, в които се извършват основните операции.

Пример 1: Един елеватор в даден момент може да транспортира зърно от приемното устройство към линията за почистване. В следващ момент, когато зърно вече не се приема, същият елеватор може да транспортира зърно от вместимостите за съхранение към вместимостите за експедиция или да се използва за товарене или “прехвърляне”.

Пример 2: Елеваторът, който придвижва зърното от вместимостите за съхранение към товарището, след приключване на товаренето, може да транспортира зърното от една вместимост в друга и по-този начин да участва в операцията “прехвърляне”.

Полезни връзки:

GSI Africa Commercial Grain System

KeplerWeber

Элеваторный комплекс от компании Деметра

Inside the Co-op: Inside a Grain Elevator

Operating a grain silo

2

Зърнохранилища - изисквания, класификация, статични и динамични натоварвания

Изисквания към зърнохранилищата

Функционални

- Да осигуряват необходимата вместимост.
- Да осигуряват надеждна защита на зърното.
- Да осигуряват механизирано запълване и изпразване.
- Да позволяват съхранение на различни видове зърно и разделянето им на партии по качество.
- Да позволяват активно вентилиране на зърнения насип.
- Да осигуряват автоматичен контрол на състоянието на зърното по време на съхранението.

Строителни

- Да издържат на налягането на насипа, упражнявано върху стените и пода. Това са *статичните натоварвания*.
- Да издържат на разширения от евентуално навлажняване и набъбване на зърното и при възникнал процес на самозагряване.
- Да издържат на *динамични натоварвания* като:
 - Удари на зърното по пода и стените при запълване.
 - Вибрации от машините в зърнохранилището.
 - Вибрации от околната среда като: движение на автомобили и влакове по транспортни артерии в близост до зърнохранилището; земетресения; ветрове и др.
- Да имат оптимална дълговечност.

По отношение защитата на зърното

- Да предпазват зърното от дъжд, мъгла, сняг, почвена влага и навлажняване от термовлагопроводност¹.
- Да съхраняват зърното без загуби от изтичане и разливане.
- Да предпазват зърното от гризачи, птици, домашни животни, несвойствен мирис, крадци и биотероризъм.
- Да са устойчиви на огън и да предотвратяват прахови експлозии.
- Да позволяват ефективна борба с вредителите, включително фумигация.
- Да бъдат лесни за почистване без застойни зони за развитие на микроорганизми и вредители.
- Да позволяват лесен достъп до зърното за инспекция и вземане на проби. Да имат подходящи стълби, люкове, пасарелки и др., които да бъдат удобни и безопасни за хората.

¹ Представлява придвижване на влагата от места с по-висока температура към места с по-ниска температура.

Изисквания за защита на околната среда

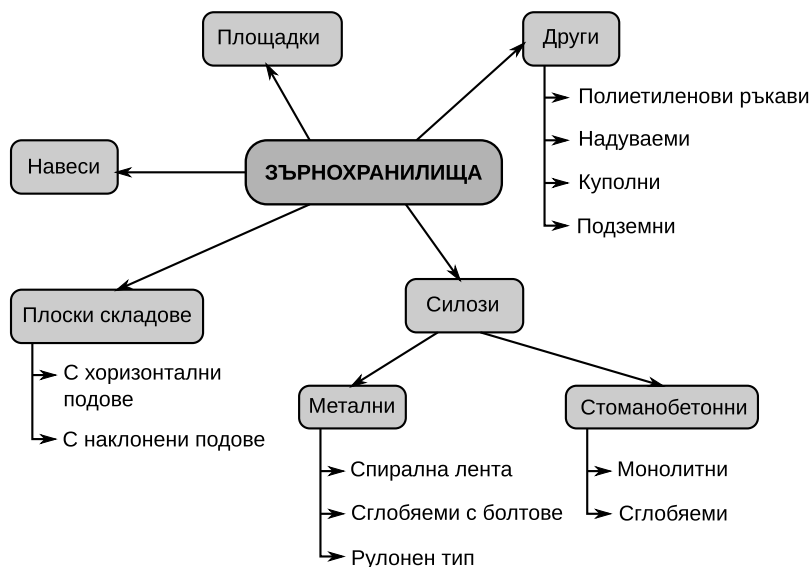
- Да не замърсяват околната среда с прах, примеси и зърно.
- Да спазват изискванията за допустими нива на шума и вибрациите.
- Да не засенчват околните сгради.
- Да осигуряват пътно транспортна и строителна безопасност. Да няма опасност от срутване и засягане на околните сгради.
- Да бъдат красиви и да се вметват естествено в околното пространство.

Изисквания по отношение здравето на обслужващия персонал

- Да осигуряват подходяща защита на персонала от производствени аварии, прах, шум, вибрации и др.
- Да улесняват дейностите по приемане, съхранение и експедиция.
- Да позволяват лесно почистване и поддръжка.
- Всички дейности да се извършват с възможно най-малко труд, а там където не е възможно - трудът да е максимално облекчен.

Класификация на зърнохранилищата

Съществуват много видове зърнохранилища. Теоретично всяка вместимост може да бъде зърнохранилище. По долу е дадена класификация на най-често използваните индустриални и полуиндустриални зърнохранилища.



Фигура 2.1: Класификация на най-често използваните зърнохранилища.

Статични и динамични натоварвания

СТАТИЧНИТЕ НАТОВАРВАНИЯ се наблюдават при частично или напълно запълнени зърнохранилища (т.е. при неподвижен зърнен насип). Зърното оказва постоянен натиск (налягане) върху стените и пода на вместимостта. Това налягане е различно от налягането, оказвано от течности. Разликите се дължат на силите на сцепление между частиците и силите на триене между частиците и стените на вместимостта.

Налягането се разделя на две компоненти: налягане върху стените и налягане върху пода на зърнохранилището.

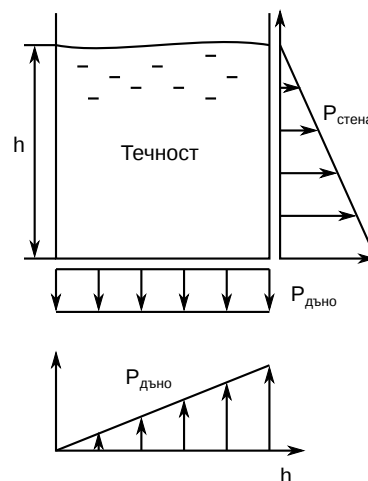
При течностите с увеличаване на дълбочината, налягането върху стените нараства линейно. Налягането върху дъното също нараства линейно и е еднакво във всяка точка от дъното (фиг. 2.2).

Различно е поведението на насипните материали като зърно, комбинирани фуражи, брашно и др (фиг. 2.3). С увеличаване дълбочината (респективно височината) на насипа налягането расте до максимална стойност, след което не зависи от дълбочината на насипа. Сравнено с течностите, тази максимална стойност е по-ниска.

Налягането върху дъното се изменя аналогично на това при стените. С увеличаване на височината на насипа, налягането расте до максимална стойност, след което се запазва относително постоянно. Счита се, че колкото скоростта на запълване е по-висока, толкова налягането върху пода е по-ниско, а върху стените - по-високо.

Налягането върху дъното е неравномерно разпределено. Най-високо е в центъра и намалява почти до нула с приближаване до стените.

Хоризонталното налягане при запълване на силоза трябва да се поема от неговите стени. Във вместимости с кръгло сечение стените работят на разпъване (опън), докато в правоъгълните и многоъгълните - работят на разпъване и огъване (фиг. 2.4). Следовател-



Фигура 2.2: Налягане върху стените и дъното на вместимостта, ако тя е запълнена с течности. С увеличаване на височината (h) налягането върху стените и дъното нараства линейно. Налягането върху дъното е еднакво във всяка точка.

но, при равни други условия, вместимостите с КРЪГЛО СЕЧЕНИЕ могат да се изградят НАЙ-ИКОНОМИЧНИ по отношение на материала, от които са изградени стените.²

Несиметричното запалване от своя страна се стреми да огъне вместимостта във вертикална посока (да я счупи).

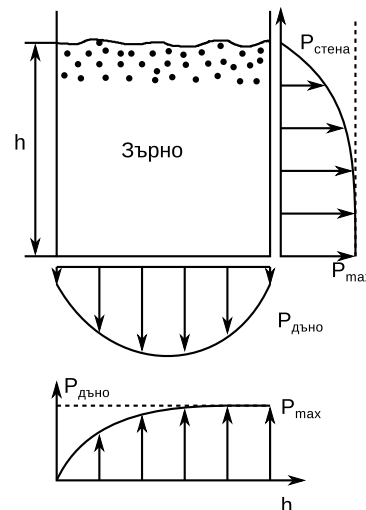
По-различна е картината при клетки с конусни дъна. Налягането рязко намалява при прехода между цилиндрична и конусна част, след което отново нараства. Следователно *налягането над изходящия отвор не зависи от нивото на продукта в клетката*. Затова във вертикални силози с гравитационно изпразване, степента на запълване не влияе на характера на изтичане на продукта.

Динамичните натоварвания се получават при запълване и вибрации идващи от околната среда. Падащото зърно оказва динамичен натиск върху дъното и стените при запълване. При асиметрично запалване, падащото зърно първо удря стената, след което удря дъното. Тези удари оказват натоварване върху стените и пода и ИЗНОСВАТ стените.

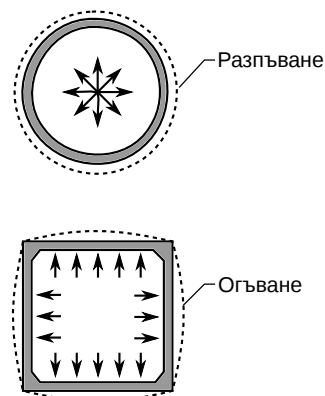
Динамични вибрации идват и от машини, работещи в зърнохранилището. Източници на вибрации са движещи се автомобили и влакове около зърнохранилището, особено ако то е разположено в близост до магистрали. Вятърът и земетресенията също оказват динамични натоварвания.

Всичко това трябва да бъде взето под внимание при проектиране и изграждане на зърнохранилища.

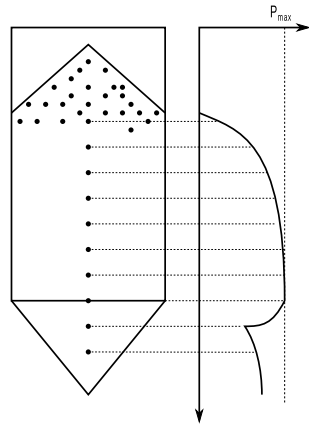
² Стените трябва да издържат основно на огън. Стоманата и стоманобетонът имат голяма здравина на огън и по-малка на огъване. Затова стените на кръглите клетки могат да се направят по-тънки от тези на правоъгълните и многоъгълните.



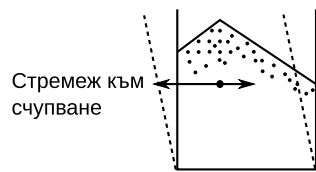
Фигура 2.3: Налягане върху стените и дъното на вместимост, запълнена с насипни материали (зърно). Налягането върху стените нараства до максимална стойност (P_{\max}), която е по-ниска от тази при течностите. Налягането върху дъното е неравномерно. Повисоко е в центъра, а край стените намалява до нула.



Фигура 2.4: Налягането разпъва стената при кръглото сечение, а при правоъгълното я огъва и разпъва.



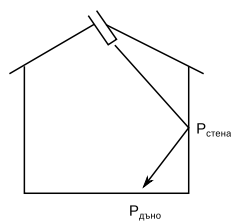
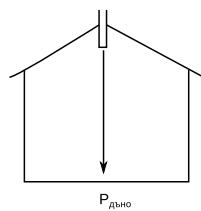
Фигура 2.5: Промени в налягането при конусно дъно.



Фигура 2.6: Асиметричното запълване се стреми да “счупи” вместимостта.



Асиметрично опъване



Фигура 2.7: Ударите на зърното върху дъното създават динамично налягане. Зърното удря стените и пода на вместимостта при асиметричното запълване с наклонена тръба .

3

*Навеси. Плоски складове. Етажни складове**Площадки и навеси*

Този вид временно съхранение не може да се причисли към “цивилизованите”, но все още се използва, там където вместимостите са недостатъчни.

Зърното идва от полето и се изсипва от камионите директно върху ПЛОЩАДКА от асфалт или бетон. За по-добра защита от атмосферни влияния се покрива с водонепропускливи платнища, брезенти или найлон. Навлажняването от дъждовни води се избягва като площадката се изгражда с подходящ наклон или е повдигната над новото на терена и е оградена с канал (канавка) за отвеждане на водата.

НАВЕСИТЕ представляват покрив поставен върху колони. Конструкцията най-често е метална и рядко дървена. Колоните се поставят върху бетонни стъпки през разстояние 6 m , а при старите конструкции - през произволно разстояние. Покривът е метален (ферми), покрит с ламаринени листове или дървен, покрит с керемиди. Подът е бетонен или асфалтов, желателно повдигнат над терена и с добро отводняване.

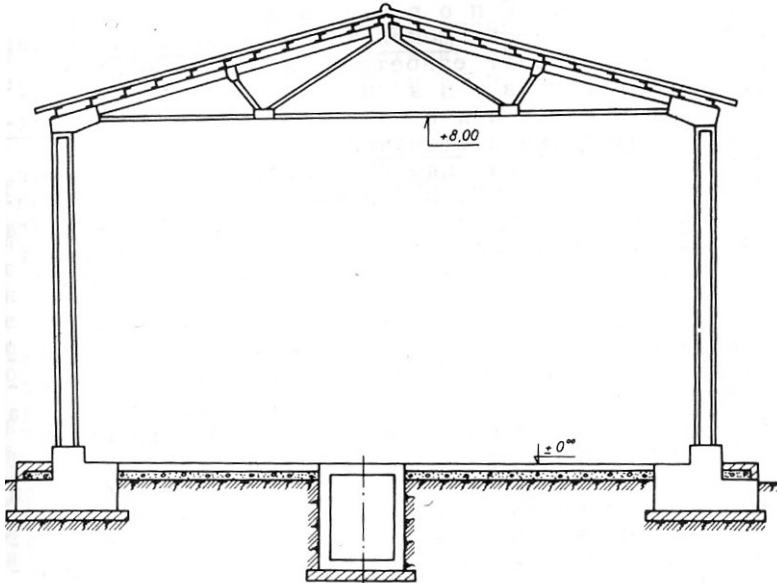
В България са строени два типа проекта. Те биват единични с размери $12 \times 60 \times 4,5\text{ m}$ и $15 \times 60 \times 8\text{ m}$, или двойни - два склада “залепени” един до друг. В последствие дългите стени се затварят с панели или тухлена зидария. Добавя се механизация и запълването става с редлер, монтиран под покрива, върху фермите. Изпразването става с редлер, поставен в тунел, вкопан в пода с дълбочина ($0,5\text{ m}$).

Навесите и площадките, които нямат стационарна механизация, използват подвижна такава - най-често строителни машини като багери или трактори с кош-гребла. Изваждането става отново с багери или трактори като зърното се загребва с кофата и се товари в камионите. Може да се използва и подвижна механизация - шнекове или “котарацци”¹.

ПРЕДИМСТВА:

- Евтини, бързо се строят.
- Малка височина на насипа
- Бързо естествено охлаждане.

¹ Вид наклонена транспортна лента с напречни прегради по нея за задържане на продукта.



Фигура 3.1: Схема на навес.

Недостатъци:

- Не осигуряват надеждна защита на зърното от атмосферни влияния (дъжд, сняг, мъгла), неприятели, кражби и др.
- Ниска степен на механизация с много ръчен труд.
- Опасност от пожари.

Площадките и навесите се използват за **КРАТКОВРЕМЕННО СЪХРАНЕНИЕ** на сухо зърно или влажно зърно преди сушене.

Плоски складове

Плоски складове с хоризонтални подове

Плоските складове представляват правоъгълни масивни сгради. Стените им са изградени от тухли, а в миналото от каменна зидария. В последствие се използват и сглобяеми панели. Покривната конструкция е дървена, стоманобетонна или метална. Покривът се поддържа в средата от колони и е покрит със стоманобетон, керемиди или метални листове. Складът има врати и прозорци. Подът му е плосък, бетониран, обикновено повдигнат над земята на височина $0,5 - 0,8 m$. Под най-високата точка на покрива е монтирана платформа (пътека) за движение на хора, наречена пасарелка.

Размерите на складовете са: дължина $42, 48, 54, 60 m$ (през $6 m$), ширината е $15, 18, 20, 24 m$, височината на стената е $2,5 - 3 m$, а центъра на насипа е висок $7 - 8 m$. Вместимостта на един склад е до $3500 t$.

Запълването става изцяло механизирано чрез редлер, разположен по цялата дължина на склада, монтиран върху пасарелката. Редлерът има отвори през разстояние $3 m$, от които зърното изтича и запълва склада. Отворите могат да бъдат постоянно отворени

или да се управляват от шибъри. Ако складът е разделен с прегради, във всяка зона могат да се съхраняват различни видове зърно или зърно с различно качество.

Изпразването на склада става като в центъра по цялата му дължина е изграден проходим тунел с ширина $1,7 - 1,8\text{ m}$ и височина $1,8 - 2\text{ m}$. В тунела е поставен редлер, свързан чрез самотечни тръби с правоъгълни отвори в пода на склада. Всяка тръба се управлява от шибър. Този редлер може да извади до $2/3$ от зърното. Останалата част остава натрупана до стените и се изважда с подвижна механизация, която придвижва зърното до най-близкия отвор.

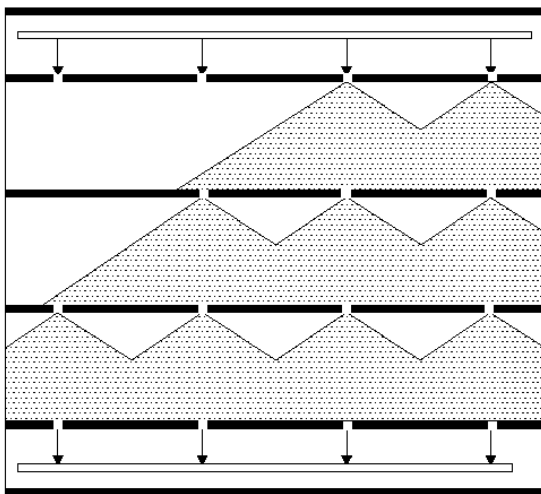
Плоски складове с наклонени подове

За по-пълно механизирано изваждане на зърното се изграждат складове с наклонени подове. Наклонът на дъното е $28 - 30^\circ$, а височината на зърното под запълващия редлер е $10 - 11\text{ m}$. Вместимостта им е $5000 - 7000\text{ t}$.

Запълването и изпразването им е аналогично на тези с плоски подове. Поради голямата си дълбочина не са подходящи за терени с ниски подпочвени води. Това, заедно с големите инвестиции по изграждането им, свързани с големи разходи за издълбаване на подовете, ги прави рядко срещани и като цяло “екзотични”.

Етажни складове

Етажните плоски складове се състоят от три етажа за съхранение на зърно, един тавански етаж и един етаж мазе. В таванския етаж и мазето са разположени редлери за запълване и изпразване на склада. Складът се ЗАПЪЛВА като от тавана зърното по самотек постъпва през отвори, оставени между етажите. ИЗПРАЗВАНЕТО е аналогично на останалите плоски складове.



Фигура 3.2: Запълване на етажен склад.

Етажните складове позволяват съхраняване на големи количества зърно на единица площ. Недостатъкът им е непълното меха-

низирано запълване и изпразване, тежката конструкция и отделянето на много прах. Най-често не се изграждат планирано, а са следствие от превръщането на вече построена сграда, с друго предназначение, в склад за зърно.

Предимства на плоските складове

- Ниска височина на насипа, от което следва добро естествено охлаждане. Ниската височина позволява активно вентилиране с голям специфичен разход на въздух и възможности за съхраняване на зърно с влажности по-високи от критичните.
- Сравнително добра топлоизолация.
- Насипът е леснодостъпен за вземане на проби от цялата височина.
- По-евтини са от стоманобетонните силози, но са по-скъпи от металните клетки.
- Малко налягане на зърното върху стените и донякъде пода.

Недостатъци на плоските складове

- Голяма разлика във височината на зърното покрай стените и на билото, от което следва неравномерно вентилиране.
- Невъзможно е пълно изпразване на склада чрез наличната механизация. Необходим е тежък и непривлекателен ръчен труд.
- Трудно херметизиране на склада преди обгазяване.
- За да се оформят партии е необходимо разделяне на склада на секции, което изисква допълнителни инвестиции.
- Плоските складове заемат голяма площ за съхранение на единица обем зърно .
- Складовете с наклонени подове със скъпи, заради голямата дълбочина. Използват се само при терени с ниски подпочвени води.

Полезни връзки:

Flat floor storage - by JEMA AGRO

4

Метални силозни клетки

Металните силозни клетки са изградени от стоманена ламарина. Основен проблем е при тях е корозията. Защитата от корозия става чрез боядисване със специални бои (грунд + сребърен феролит или три в едно: ръждопреобразувател + грунд + боя) или чрез галванично покриване на повърхността с цинк (нарича се “поцинковане”). Понастоящем, поцинковането се използва масово и осигурява до 50-те години устойчивост на корозия.

Дебелината на ламарината е еднаква за цялата клетка или в основата е най-дебела и с увеличаване на височината става по-тънка.

Металните клетки са с кръгло напречно сечение. Диаметърът им е $3 - 23\text{ m}$, а височината на цилиндричната част е до 22 m . Покривът е метален, конусен.

Дъната са два типа:

- метални, конусни - използват се при клетки с диаметър по-малък от 7 m ;
- бетонни, плоски - използват се при клетки с диаметър над 7 m .

Вместимостта варира в широки граници от 50 до $16\,000\text{ t}$ на една клетка

Според начина на изграждане металните клетки се изграждат от метална лента (система ЛИПП), сглобяеми от отделни елементи, свързани с болтове или рулонни, при които елементите са свързани чрез заваряване.

Метални клетки, изградени чрез огъване на метална лента (система ЛИПП)

В България, патентът за изграждането на тези силози е закупен от Австрия през 70-те години. Тези клетки са с голям диаметър и плоски дъна.

Изграждат се като първо се построява бетонното дъно, а след това силозната клетка, като се започне от покрива. Стените са изработени от стоманена лента с ширина $400 - 500\text{ mm}$ и дебелина $2 - 4\text{ mm}$. Лентата се транспортира навита на руло до мястото на монтиране. Там специална машина я развива и оформя с необходимия диаметър, след което я свързва с предходната спирала, чрез



Фигура 4.1: ЛИПП. Схема на построяване на силоза. Металната лента се развива и свързва с по-горната, чрез загъване. Силозът се изгражда отдолу нагоре във вид на вертикална спирала.

загъване. Постепенно спиралата се издига нагоре, до достигане на желаната височина на клетката.

Покривът се състои от трапецовидни ленти, свързани помежду си също чрез загъване. Наклонът му е $28 - 30^\circ$.

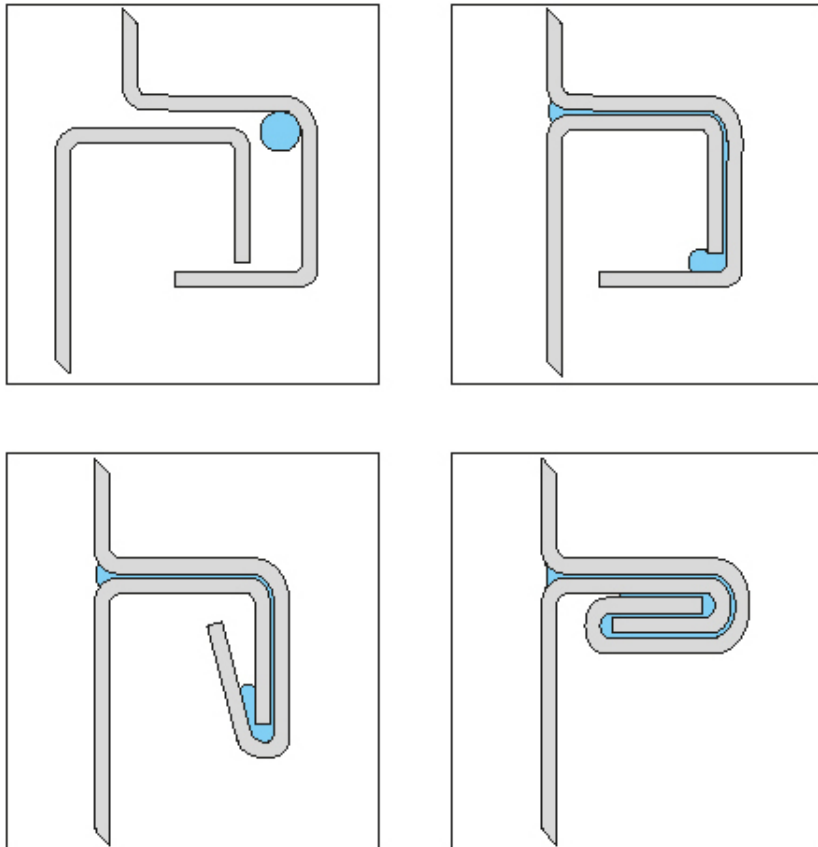
Понастоящем тези клетки не се изграждат масово. Изместени са от сглобяемите с болтове.

Сглобяеми метални клетки, свързани с болтове

Тези клетки биват, както с плоски дъна, така и с конусни дъна. Стените са изградени от отделни листове ламарина, огъната с необходимия радиус. Листовете са с вълнообразен профил за по-



Фигура 4.2: ЛИПП. Металната лента е подадена в машината за огъване и свързване.



Фигура 4.3: ЛИПП. Свързване на спиралите чрез загъване на лентата. Свързката образува здрав ръб, който придава устойчивост на цялата конструкция.

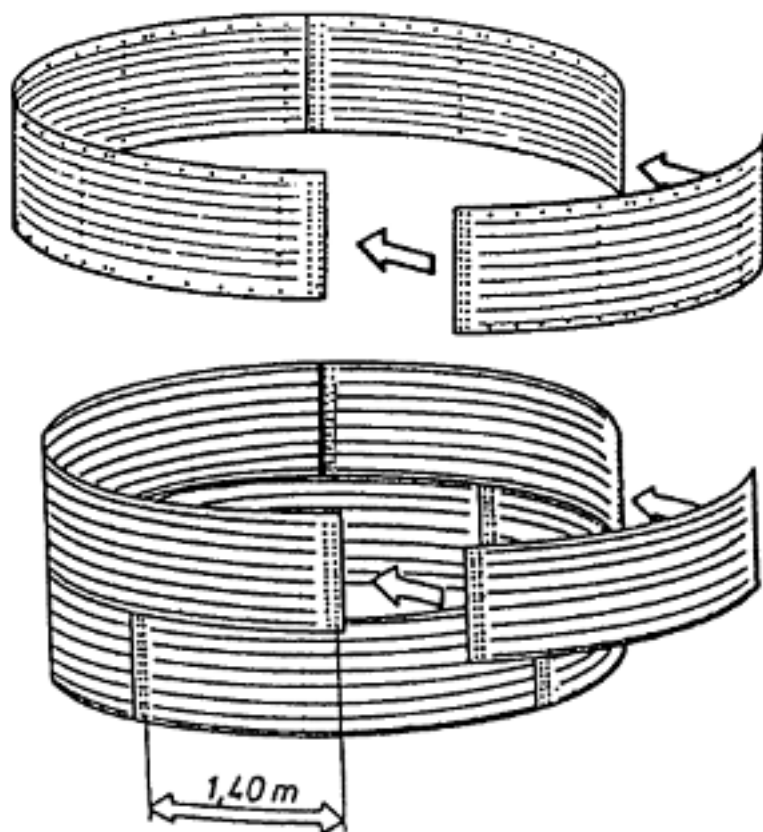
голяма здравина и са поцинковани. Свързват се едни към други чрез болтове.¹ Вертикални П-образни профили и/или специални опасващи шини се монтират при високите клетки с голям диаметър с цел по-голяма здравина на конструкцията.

Покривът и конусното дъно са изградени от трапецовидни елементи, отново свързани с болтове. Клетките с голям диаметър имат плоско бетонно дъно, а тези с малък - метално конусно дъно.

Последователност на изграждане:

1. Първо се изгражда дъното от бетон, а когато се използват конусни дъна, се изгражда фундамента под клетката.
2. След това се сглобява един пръстен от стената на клетката.
3. Върху него се изгражда покривът с всички допълнителни елементи към него като: отдушници, люкове, стълби и др.
4. Конструкцията се повдига с крикове и към нея отдолу се закрепва следващия пръстен.
5. Следва отново повдигане с крикове нагоре и монтиране на нов пръстен отдолу.
6. Тази операция се повтаря до достигане на пълната височина на клетката.

¹ Внимание!! Възможно е болтовете да корозират и да се скъсат.



Фигура 4.4: Свързване на листовите с болтове. (Инструкция на NEUERO Farm- und Fördertechnik GmbH)

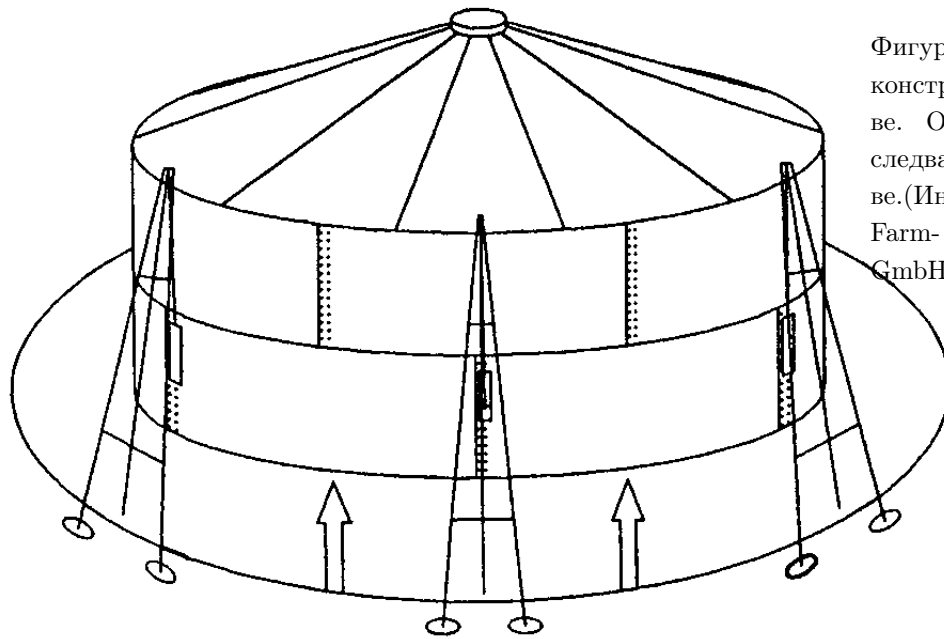
7. Паралелно се монтират и останалите елементи, като вертикални укрепващи ребра, люкове, стълби за достъп и др.
8. Последно се монтира конусното дъно, ако има такова, или клетката се закрепва върху готовото бетонно дъно.

Изграждането на тези клетки става бързо и сравнително лесно. Предлагат се от много фирми и в момента са най-масово използваните.

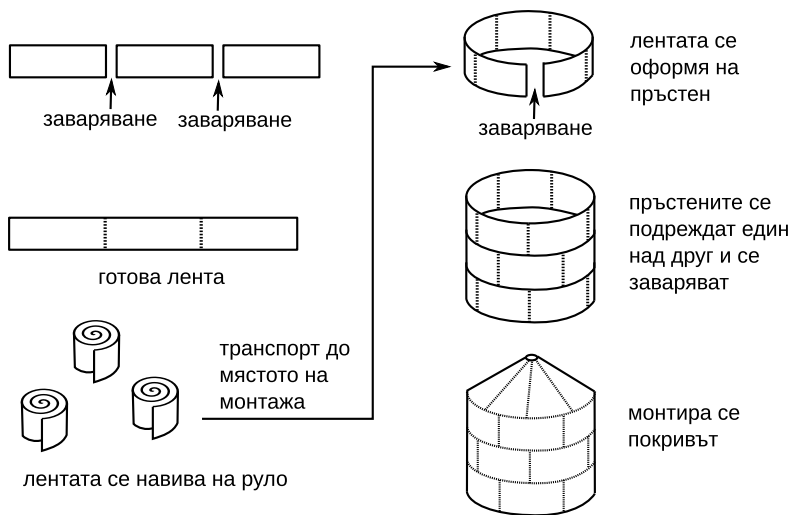
Метални клетки рулонен тип

Тези клетки са изградени са от отделни пръстени, свързани чрез заваряване. Пръстените се подготвят предварително от отделни листови ламарина, също заварени един към друг до получаване на лента с необходимата дължина. Лентата се навива на руло и се транспортира до площадката за монтиране. Там рулото се развива, оформя се на пръстен и двата края се заваряват. Готовите пръстени се поставят един върху друг и се заваряват. Чрез заваряване на отделни листови се изгражда и покривът.

Тези клетки са сравнително скъпи и трудни за изграждане, но това е един от възможните начини за построяване на херметични зърнохранилища.



Фигура 4.5: Повдигане на конструкцията с крикове. Отдолу ще се монтира следващия пръстен от листове. (Инструкция на NEUERO Farm- und Fördertechnik GmbH)



Фигура 4.6: Последователност при изграждане на клетка рулонен тип. Всички части се свързват чрез заваряване.

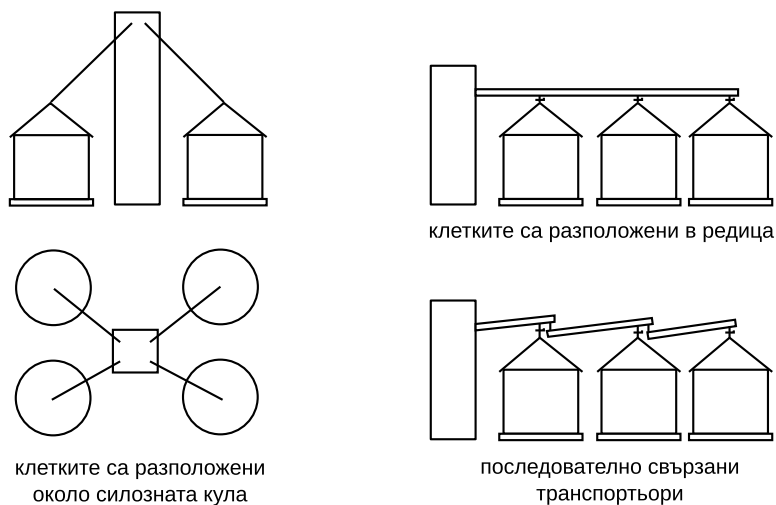
Запълване на металните клетки

Запълването на металните клетки става по два начина (фиг. 4.7):

Гравитационно - зърното се подава със самотечни тръби директно от силозната кула към клетките. Силозната кула е висока, а клетките се разполагат около нея в кръг. Този метод е надежден и икономичен, тъй като не са необходими допълнителни транспортъори.

Друг метод за запълване е ЧРЕЗ ХОРИЗОНТАЛНИ ТРАНСПОРТЪОРИ. Най-често се използват редлери и транспортни ленти. Клетките се разполагат в един или няколко реда от едната или от двете страни на силозната кула. Дължината на придвижване на зърното от силозната кула до клетките често е голяма. Разходите за транспорт са големи и е разумно да се използват няколко после-

дователно свързани хоризонтални транспортъора.



Фигура 4.7: Запълване на метални клетки.

Изпразване на металните клетки

Има два метода за изпразване на металните клетки (фиг. 4.8).

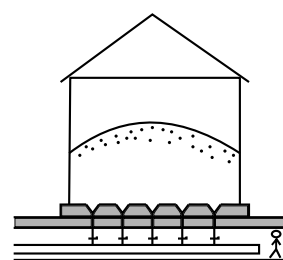
Първият е чрез специален ТУНЕЛ ПОД КЛЕТКАТА. Под клетката се построява проходим тунел, в който се монтира хоризонтален транспортъор (редлер или транспортна лента). На дъното на клетките има няколко последователни отвора, свързани със самотечни тръби към транспортъора. Всяка тръба е затворена с шибър. Основната част от зърното изтича гравитационно, а останалата част се изважда чрез специален ПЛАНЕТАРЕН ШНЕК.

Този метод изисква прокопаването на тунел под клетките, което оскъпява строителството и създава условия за наводнения, развитие на микроорганизми, складови вредители и др.

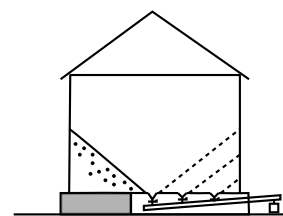
Поради това металните клетки могат да се изпразват и ЧРЕЗ КЪСИ ХОРИЗОНТАЛНИ ТРАНСПОРТЪОРИ (шнекове или редлери), поставени в малък тунел в пода на клетката (фиг. 4.9 и 4.10). Тунелът е с размери малко по-големи от тези на транспортъора и е разположен изцяло над земята. Транспортъорът е подвижен (на колелца или др.) и се изважда за ремонт и профилактика. Монтажът, експлоатацията и поддръжката са сравнително лесни, тъй като всичко се намира над нивото на земята. То друга страна, при задръстване на някои от изпразващите отвори или при авария на транспортъора, зърното не може да се извади. Изваждането му трябва да стане ръчно или през долния страничен люк (вратата) на клетката. Тази операция е много опасна и може да доведе до човешки жертви и срутване на клетката.

Планетарен шнек

Цялото зърно не може да се извади по самотек при клетките с голям диаметър. Около стените остава голямо количество. То се изважда чрез планетарен шнек, наречен още "измитац". Планетар-



Фигура 4.8: Изпразване на клетката чрез проходим тунел с хоризонтален транспортъор. Първо се отваря централният отвор и след него останалите, последователно от центъра към периферията.

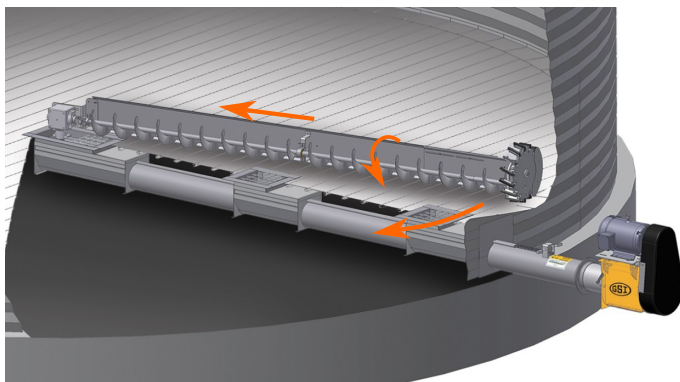


Фигура 4.9: Изпразване на клетката чрез къс хоризонтален редлер или шнек, разположени в плитък тунел в дъното на клетката. Те подават зърното директно в силонната кула или към друг хоризонтален транспортъор (показан на схемата).

ният шнек представлява шнек, който се върти около собствената си ос и едновременно с това обикаля около центъра на клетката (фиг. 4.11). Въртейки се той придърпва зърното към централния отвор, от които то се извежда.



Фигура 4.10: Къси хоризонтални транспортъри за извеждане на зърното от всяка клетка. Те се свързват със събирателния редлер, разположен между клетките.



Фигура 4.11: Планетарен шнек. Върти се около собствената си ос, при което придърпва зърното към централния отвор и едновременно обикаля около центъра на клетката и “смила” зърното. (Модифицирано от GSI a worldwide brand of AGCO Corporation)

Предимства на металните клетки

- Добра механизация с малко ръчен труд при извеждане на зърното.
- Ниска цена.
- Изграждат се за кратко време.
- Малка площ за съхранение на единица зърно.
- Могат да се изграждат върху терени с плитки подпочвени води.
- Снабдени са със системи за активно вентилиране.

Недостатъци на металните клетки

- Кратък експлоатационен срок, поради корозията и износването.
- Стените и покривът имат голяма топлопроводност. Колебанията в температурата на околния въздух бързо се предават на зърното. Развиват се процеси на термовлагопроводност и конвекция, водещи до навлажняване на зърното и развала.
- Опасност от кондензиране на влага по покрива, капене на вода по повърхността на зърното и следствие на това - навлажняване и сбиване на повърхността.
- Голяма височина на насипа. Съхранява се само сухо зърно.

Допълнителни съоръжения

Металните клетки са снабдени с някои допълнителни съоръжения като:

- Отдушници и вентилатори на покрива или и двете, за отвеждане на топлият и влажен въздух, преминал през зърното при активното вентилиране.
- Люкове в горната и долната част на клетките за инспекция и почистване. Стълби за достъп до горните люкове.
- Термоподвески (въжета със сензори през определена дължина) за контрол на температурата на зърното при съхранение. Термоподвеските обикновено са 4, 5 или повече. Една термоподвеска се поставя в центъра и около нея се разполагат няколко на разстояние приблизително 1/2 от радиуса на клетката. Термоподвеските могат да образуват един или няколко пръстена, при голям диаметър на клетките. Целта е да няма зони без температурен контрол.

Полезни връзки:

Voltamps Engineering Services - Lipp Silo Construction
 Зернохранилище от водещих производители США
 SCAFCO Grain Systems Silo Installation
 Grain Bin Build
 bainter hydraulic grain bin jacks video
 Hutchinson's New Sweep End-Wheel
 Morillon Systems | Vis Balayeuse - Sweep Auger
 The Grain Handler - 32:1 Reduction Drive Wheel

5

*Стоманобетонни силози**Изграждане*

Изграждат се от стоманобетон. Стоманобетонът представлява мрежа от стоманени пръти, наречена арматура, запълнена с бетон. Тази комбинация метал + бетон дава много добра якост на конструкцията, както на натиск и опън, така и на огъване.



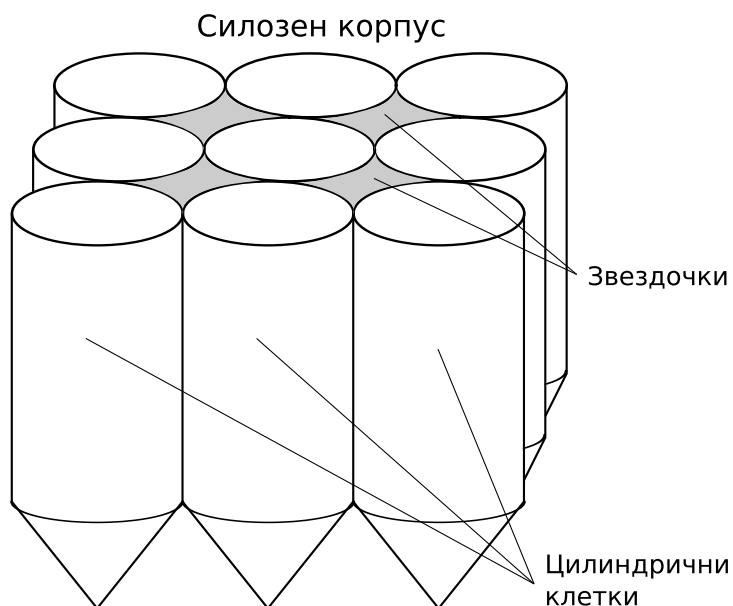
Фигура 5.1: Стоманобетонен силос (източник от интернет, предполага се от Archer Daniels Midland Co.).

Стоманобетонните клетки се изграждат като първо се прави арматурата. От двете и страни се поставят временни плоскости от дърво или друго, наречени кофражи и пространството между тях се запълва с бетон. След втвърдяването му кофража се отделя и премества нагоре за изграждане на следващата секция или пръстен от силоса. Използването на бързосъхнещи бетони позволява изграждането да става с висока скорост ($2 - 4 m/24h$).

Сечението на клетките може да бъде различно. В България най-разпространени са кръглите клетки. При тях се използва най-малко материал за изграждането им. Цилиндричните клетки се строят прилепени една към друга. Няколко цилиндрични клетки образуват силосен корпус. Всеки четири цилиндрични клетки “затварят” пространство със звездообразно сечение. То също се използва за съхранение на зърно и се нарича “звездочка” (фиг. 5.2).

Дъната на клетките не са изцяло стоманобетонни. Обикновено връзката с цилиндричната част е стоманобетонна, а конусът е метален и се свързва с бетонната част чрез фланец с болтове.

Размерите на кръглите клетки са: диаметър $3 - 25 m$, но най-



често 5 – 7 m. Колкото диаметърът е по-малък, толкова цената на силоса е по-голяма.

Височината зависи от товароносимостта на почвата и е най-често 15 – 40 m.

Освен цилиндрични, клетките могат да бъдат и квадратни, правоъгълни, многоъгълни (6 или 8 ъгълни) и др.

Запълване на клетките

Над клетките има проходим етаж наречен надсилозна галерия. В нея се разполагат един или няколко хоризонтални транспортъра за запълване на клетките. Използват се редлери или транспортни ленти. От редлерите зърното попада в клетките чрез самотечни тръби, управлявани от клапи и шибъри.

Транспортните ленти запълват клетките чрез подвижни разтоварни колички.

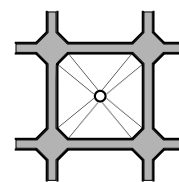
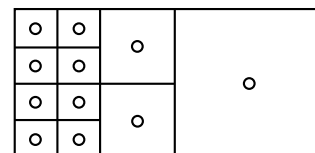
Изпразване на клетките

Дъната на клетките се намират в проходимо мазе, наречено подсилозна галерия. Зърното от клетките през шибъри и самотечни тръби попада на хоризонтални транспортъри - редлери или транспортни ленти.

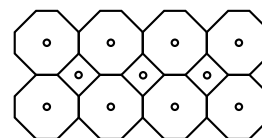
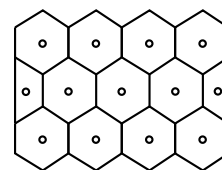
Транспортъри

Един транспортър може да запълва или изпразва няколко клетки, разположени от двете му страни и отдолу. Ъгълът на наклона на самотечните тръби трябва да бъде по-голям от 36° , желателно 45° и повече. Спазването на това изискване налага транспортърите да се вдигнат високо над клетките и понякога се налага изграждането на още един етаж в надсилозната галерия. Този недостатък се избягва като транспортърите се разполагат на малка

Фигура 5.2: “Звездочки”, образувани между четири цилиндрични клетки. “Звездочките” също се използват за съхранение на зърно.



Фигура 5.3: Клетки с квадратно сечение. Ръбовете между стените са скосени с цел здравина и по-малки застойни зони.



Фигура 5.4: Шестоъгълни и осмоъгълни клетки.

височина над клетките, а самотечните тръби не подават зърното в центъра, а близо до стените на клетките, при което запълването е асиметрично.

Монолитни стоманобетонни силози

Този вид силози се изграждат от предварително подготвени стоманобетонни панели, които се сглобяват на място. Тези клетки са с голям диаметър, плоски дъна и конусни покриви от бетон или ламарина. Диаметърът е 18 m височината на цилиндричната част е 25 m, а вместимостта им е приблизително 4000 t. Срещат се рядко.

Предимства на стоманобетонните силози

- Пълна механизация и частична автоматизация.
- Голяма дълговечност - до 100 години.
- Добра топлоизолация на вътрешните клетки.
- Лесна херметизация при обгазяване.
- Надежден контрол на състоянието на зърното чрез термоподвески.
- Голям брой клетки, които позволяват гъвкавост и свобода при приемането на различни видове зърно и различни партиди.
- Съхраняват най-много зърно на единица площ, следвани от металните клетки и плоските складове. Удобни са при скъпи терени, като силози към зърнопреработвателни предприятия в градове и като пристанищни силози.

Недостатъци

- Скъпи.
- Бавно се изграждат (това вече е относително).
- Изискват устойчиви терени.
- Вентилирането с цел охлаждане може да бъде неефективно, поради голямата височина на насипа.
- Съхраняват само сухо зърно, поради голямата височина на насипа.
- Затворените пространства и често лошата аспирация създават реална опасност от прахови експлозии със сериозни щети, включително човешки жертви. Поради това, застраховането им е скъпо.

Полезни връзки:

Inside the Co-op: Grain Elevator

Inside the Co-op: Inside a Grain Elevator