



**Фоміна І.М.
Боровікова Н.О.
Ізмайлова О.О.**

ТЕХНОЛОГІЯ ЕЛЕВАТОРНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

**Навчально-
методичний посібник
до виконання
лабораторних робіт**

Харків 2024

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

І.М. Фоміна, Н.О. Боровікова, О.О. Ізмайлова

ТЕХНОЛОГІЯ ЕЛЕВАТОРНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Навчально-методичний посібник
до виконання лабораторних робіт

для студентів спеціальності 181 «Харчові технології»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
(освітня програма «Харчові технології»)

Харків
ДБТУ
2024

Навчально-методичний посібник до виконання лабораторних робіт з
дисципліни «Технологія елеваторної промисловості» / укладачі:
І.М. Фоміна, Н.О. Боровікова, О.О. Ізмайлова – Х. : ДБТУ, 2024. – 96 с.

Укладачі: І.М. Фоміна
Н.О. Боровікова
О.О. Ізмайлова

Рецензент: Н.В. Гревцева, канд. техн. наук, проф., професор кафедри
міжнародної електронної комерції та готельно-ресторанної справи
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

Кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів

Схвалено науково-методичною комісією факультету переробних
і харчових виробництв

Протокол від «02» лютого 2024 р. № 3

© Фоміна І.М.,
Боровікова Н.О.,
Ізмайлова О.О., укладачі,
2024
© Державний біотехнологічний
університет, 2024

ЗМІСТ

Передмова	4
Лабораторна робота № 1 Тема: «Визначення показників якості та відповідності класу зерна пшениці»	5
Лабораторна робота № 2 Тема «Вплив факторів на сипкість зернових мас»	22
Лабораторна робота № 3 Тема «Вивчення плинучого матеріалу із середовища»	25
Лабораторна робота № 4 Тема «Визначення інтенсивності дихання зерна і втрати його маси»	29
Лабораторна робота № 5 Тема «Вивчення процесу сушіння зерна»	34
Лабораторна робота № 6 Тема «Активне вентильовання зерна»	40
Розрахунково-графічна робота «Розрахунок експлуатаційної продуктивності технологічних і транспортуючих ліній хлібоприймального елеватора»	48
Література	74
Додатки	75

Передмова

Сучасна зернова галузь є однією з найбільш привабливих сфер інвестування. Попит на українське зерно у світі постійно зростає. Елеваторна промисловість України, як одна з найбільш важливих складових аграрного комплексу, стало розвивається. З точки зору сучасного агробізнесу істина не лише в зерні, його успішному вирощуванні — а й в належному зберіганні цього зерна. Потужності для зберігання та перевалки зернових культур зростають, техніко-технологічні характеристики елеваторів та обладнання все більше відповідають сучасним світовим вимогам. При цьому українські виробники елеваторного обладнання теж поступально нарощують оберти й достатньо успішно витримують жорстку конкуренцію на ринку з провідними світовими компаніями [1].

За технічним рівнем зернові підприємства можна умовно поділити на покоління:

1 покоління – зернові склади, що володіють низьким ступенем механізації і автоматизації;

2 покоління – залізобетонні елеватори, операції з зерном практично повністю механізовані, досить високий ступінь механізації виробничих процесів, характеризуються відносно високою енергоємністю і низькими коефіцієнтами (недостатньою ефективністю) використання обладнання;

3 покоління - зерносховища на базі металевих силосів, операції з зерном практично повністю механізовані, з елементами автоматизації виробничих процесів, низька пристосованість для роботи з кукурудзою, часто обмежені технологічні можливості;

4 покоління - сучасні високотехнологічні елеватори в процесі створення, яких застосовані передові наукові підходи до дотримання технології виробництва, що враховують основні тенденції розвитку зернової техніки на найближче десятиліття, що відповідають сучасним вимогам безпеки та екологічності [2].

Основною особливістю елеваторної промисловості є те, що виробництво зерна має сезонний характер, великі маси зерна накопичуються в дуже короткі терміни, які обчислюються днями. При цьому споживання ж зерна відбувається щодня протягом року. Таким чином, в країні необхідно мати запаси зерна, які б задовольняли щоденну потребу в зерні та продуктах його переробки всіх споживачів.

Технологія елеваторної промисловості – це дисципліна, яка вивчає виробничі процеси та конструкції споруд і пристроїв, що забезпечують організоване й рентабельне приймання, зберігання та відпускання зерна і продуктів його перероблення на ґрунті досягнень науки і техніки та досвіду передових підприємств.

Мета дисципліни „Технологія елеваторної промисловості” – надання студентам ґрунтовних знань з теоретичних, технічних та технологічних питань післязбиральної обробки та зберігання зерна різних культур на хлібоприймальних підприємствах.

Визначення показників якості та відповідності класу зерна пшениці

Теоретична інформація



Вимоги до якості, які поширюються на зерно м'якої (*Triticum aestivum* L.) і твердої (*Triticum durum* Desf.) пшениці, призначене для використання на продовольчі та непродовольчі потреби [1], а також для торгівлі затверджені в ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови». Цей нормативний документ був виданий національним органом стандартизації ДП «УкрНДНЦ» та набрав чинності з 10 червня 2019 року [2]. Основні передумови оновлення стандарту: імплементація міжнародних угод, шлях до євроінтеграції; оптимізація системи заготівлі та розміщення партій зерна; збільшення об'ємів експортування зерна; удосконалення вхідного контролю якості зерна; упровадження методів, гармонізованих з міжнародними та європейськими правилами; посилення вимог до продовольчої безпеки і охорони довкілля; перехід на чинні регламенти, інструкції, нормативи згідно чинного законодавства.

Метою стандарту є оптимізація та удосконалення нормативної бази у сферах виробництва, заготівлі, зберігання, переробки, торгівлі та визначення якості зерна пшениці м'якої та твердої на продовольчі і непродовольчі потреби відповідно до структури її вирощування в Україні.[3].

Залежно від показників якості зерно м'якої пшениці поділяють на чотири класи. Зерно твердої пшениці залежно від показників якості поділяють на п'ять класів. Вимоги до якості кожного класу пшениці надано відповідно в таблицях 1.1 та 1.2.

М'яку пшеницю 1—3 класів використовують для продовольчих (переважно в борошномельній та хлібопекарській галузях) потреб і для експортування. Пшеницю 4-го класу використовують на продовольчі й непродовольчі потреби та для експортування. На вимогу замовника в зерні м'якої та твердої пшениці можна визначати інші показники якості, які не є класоутворювальними: уміст зерен, пошкоджених клопом-черепашкою, силу борошна за альвеографом, індекс седиментації тощо відповідно до чинних методик [3].

Визначають запах, колір і знебарвленість зерна

- згідно з ГОСТ 10967.

Визначають натуру

- згідно з ДСТУ 4233, ДСТУ 4234, ГОСТ 10840 (арбітражний).

Визначають склоподібність

- згідно з ГОСТ 10987.

Визначають вологість

- згідно з ДСТУ 4117, ДСТУ ISO 712, ГОСТ 13586.5 (арбітражний).

Визначають зернову, сміттєву, шкідливу домішки, сажкове зерно та зерна, пошкоджені клопом-черепашкою,

- згідно з ГОСТ 30483. Мікологічну експертизу спор сажки зерна пшениці проводять згідно ДСТУ 4138, розділ 11. Методи аналізування зараженості насіння хворобами .

Визначають масову частку білка

- згідно з ДСТУ 4117, ДСТУ ISO 20483, ГОСТ 10846 (арбітражний).

Визначають кількість і якість клейковини (показник ВДК)

- згідно з ДСТУ 4117, ДСТУ ISO 21415-1, ДСТУ ISO 21415-2, ГОСТ 13586.1 (арбітражний).

Визначають число падіння

- згідно з ДСТУ ISO 3093, ГОСТ 30498 (арбітражний).

Визначають зараженість шкідниками зерна

- згідно з ДСТУ ISO 6639-1, ДСТУ ISO 6639-2, ДСТУ ISO 6639-3, ДСТУ ISO 6639-4, ГОСТ 1 3586.4,

Визначення токсичних елементів

- ДСТУ 7453, ГОСТ 30538 та згідно з іншими методами, затвердженими центральним органом виконавчої влади, що формує та реалізує державну політику у сфері охорони здоров'я України.

Мінералізацію проб для визначення токсичних елементів

- згідно з ДСТУ 7670.

Відповідно до ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови» домішки органічного й неорганічного походження, що їх поділяють на зернову та сміттєву, які впливають на якість зерна пшениці.

Зернова домішка

бите зерно

- Зерно із частково відкритим ендоспермом або з утраченим зародком унаслідок механічної дії

невиповнене зерно

- Зерна, пошкоджені морозом і недозрілі (зелені), а також дрібні та щуплі, що після видалення зернової та сміттевої домішок під час просіювання проходять крізь сито з отворами розміром 2,0 мм x 20,0 мм для м'якої пшениці та 1,9 мм x 20,0 мм — для твердої

проросле зерно

- Зерно, в якого корінець або росток вийшов за межі оболонки; зерно з утраченим корінцем і ростком, що є здеформованим з явно зміненим кольором оболонки навколо зародка

зерно, пошкоджене теплом

- Зерно зі зміненим кольором оболонки внаслідок сушіння або самозігрівання та здоровим ендоспермом, колір якого не зазнав змін .

зерно, поїдене шкідниками

- Зерно, поїдене шкідниками, незалежно від ступеня його пошкодження

зерна злакових культур

- Незіпсовані зерна жита, тритикале, ячменю

зерна із забарвленим зародком

- Зерно з нормальним та непророслим зародком із забарвленою в коричневий чи коричнево-чорний колір оболонкою в ділянці зародка, що виникає внаслідок ураження грибами чи бактеріями, поширюється на ділянку зародка та продовжується до борідки щонайменше з одного боку зерна

До зернової домішки пшениці належать [3]:

- зерна пшениці невиконані, пророслі, пошкоджені теплом;
- зерна із забарвленим зародком:
 - у твердої пшениці — всі зерна,
 - у м'якій пшениці 1—3 класів — понад 8 %,
 - у м'якій пшениці 4-го класу — понад 30 %;
- зерна пшениці биті та поїдені шкідниками, незалежно від характеру їхніх пошкоджень;
 - зерна злакових культур, що, відповідно до стандартів на ці культури, не належать за характером їхніх пошкоджень до сміттевої домішки;
 - у м'якій пшениці 4-го класу — зерна та насіння зернових і зернобобових культур, крім насіння сої, що за характером їхніх пошкоджень, відповідно до стандартів на ці культури, належать до зернової домішки

Сміттєва домішка

мінеральна домішка

- Домішки мінерального походження (пісок, грудочки землі, галька тощо) у залишку на ситі з отворами 1,0мм x 20,0мм, а також продукти органічного та неорганічного походження, що просіюються крізь це саме сито (прохід)

органічна домішка

- Домішки органічного походження, які відрізняються від зерен пшениці й злакових культур і шкідливої домішки: частинки стебел, листків, колосків, остюки, плівки, рештки шкідників зерна, насіння дикорослих та інших культурних рослин тощо

шкідлива домішка

- Домішки рослинного походження, що в певних кількостях шкідливі та небезпечні для здоров'я людини й тварин, змінюють органолептичні показники зерна, впливають на вибір технологічних процесів його перероблення: сажка, ріжки, шкідливе та токсичне насіння

зіпсоване зерно

- Зерно з ознаками гнилі, плісняви, борошнистої роси, бактеріальних чи інших уражень; зі зміненим кольором оболонки та ендосперму внаслідок самозігрівання або занадто сильного нагрівання під час сушіння та/або крихким ендоспермом.
- До зіпсованого також належить фузаріозне зерно — зерно, уражене грибами роду фузаріум, білувате, крейдяне з повною втратою блиску, іноді з плямами оранжево-рожевого кольору, зморщене, нежиттєздатне

До сміттєвої домішки пшениці належать:

- прохід крізь сито з отворами розміром 1,0 мм x 20,0 мм, що належить до мінеральної домішки, зокрема і шкідливу домішку;
- у залишку на ситі з отворами розміром 1,0 мм x 20,0 мм: мінеральну, органічну та шкідливу домішки; зіпсовані зерна пшениці, жита, тритикапе, ячменю; частини зерен пшениці, жита, тритикале, ячменю з повністю виїденим ендоспермом.



зерна, пошкоджені клопом-черепашкою

- Зерна з наявністю на поверхні слідів уколу у вигляді темної цятки, навколо якої утворюється чітко окреслена світло-жовта пляма округлої або неправильної форми; зерна з наявністю на поверхні такої самої плями, у межах якої є здавленість або зморшки без слідів уколу; зерна з наявністю такої самої плями на зародку без здавленості або зморщок і без слідів уколу; у всіх випадках консистенція під плямою крихка та борошниста



сажкове зерно

- Зерно, у якого забруднена борідка, борозенка або частини поверхні спорами сажки, що визначають спочатку візуально, а в разі потреби підтверджують мікологічною експертизою. Результати мікологічної експертизи є остаточними щодо визначення класу зерна пшениці . За наявності спор сажкових грибів (усіх видів сумарно) кількістю не більше 100 штук на одну зернину, зерно залишається у відповідному класі за класоутворювальними показниками

До основного зерна пшениці належать:

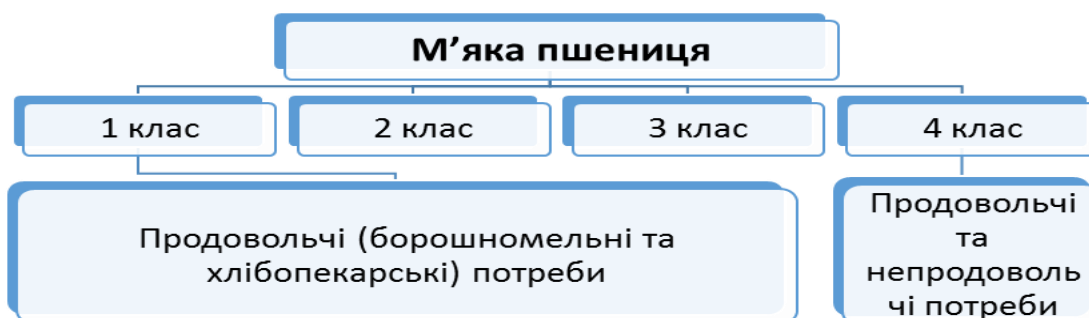
- цілі та пошкоджені зерна пшениці, які за характером пошкоджень не належать до зернової та сміттевої домішок;
- зерна із забарвленим зародком:
 - у м'якій пшениці 1—3 класів до 8 % включно,
 - у м'якій пшениці 4-го класу — до 30 % включно;
- у м'якій пшениці 4-го класу — зерна та насіння інших зернових і зернобобових культур, крім насіння сої, що за характером пошкоджень, відповідно до стандартів на ці культури, не належать до зернової та сміттевої домішок

На сьогодні найбільш широке розповсюдження в зонах вирощування отримали наступні два види пшениці:

Пшениця м'яка, або звичайна (*Triticum aestivum* L.) – це найбільш широко розповсюджений вид пшениці, також відомий як хлібний. Як правило, цей вид відрізняється високим вмістом білку та клейковини. Ендосперм зерна твердий або м'який.



Пшениця тверда, або англійська (*Triticum durum* or *Triticum turgidum* subsp. *durum*), відома особливою твердістю зерна, високим рівнем вмісту білку, насиченим жовтим кольором, приємним запахом, а також прекрасними хлібопекарними властивостями. Це робить її придатною для виготовлення манних круп та макаронних виробів і менш придатною для борошна. Тверда пшениця містить 27% сирі клейковини, що приблизно на 3% вище, ніж у звичайної пшениці (*T. aestivum* L.).



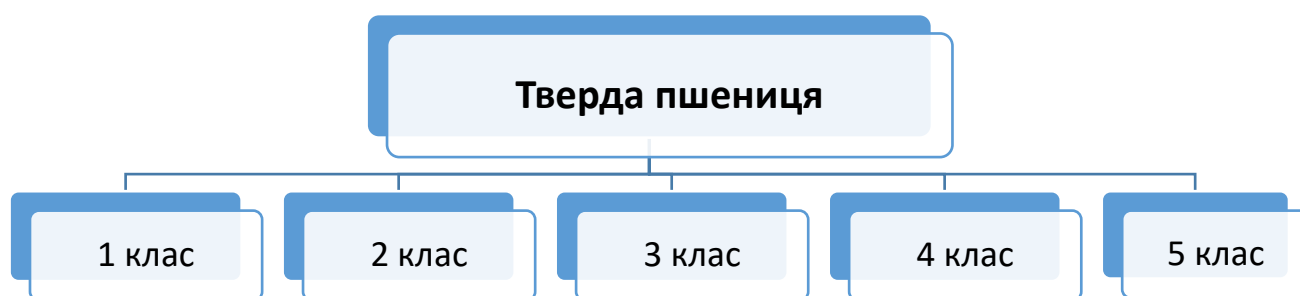
Таблиця 1.1 — Показники якості зерна м'якої пшениці

Показник	Характеристика та норма для м'якої пшениці за класами			
	1	2	3	4
Натура, г/л, не менше ніж	775	750	730	Не обмежено
Склоподібність, %, не менше ніж	50	40	Не обмежено	Не обмежено
Вологість, %, не більше ніж	14,0	14,0	14,0	14,0
Зернова домішка, %, не більше ніж	5,0	8,0	8,0	15,0
<i>зокрема:</i>				
биті зерна	5,0	5,0	5,0	У межах зернової домішки
зерна злакових культур	3,0	4,0	4,0	У межах зернової домішки
пророслі зерна	2,0	3,0	3,0	У межах зернової домішки
Сміттєва домішка, %, не більше ніж	1,0	2,0	2,0	3,0
<i>зокрема:</i>				
мінеральна домішка	0,3	0,5	0,5	1,0
<i>зокрема:</i>				
галька, шлак, руда	0,15	0,15	0,15	0,15
зіпсовані зерна	0,3	0,5	0,5	1,0
<i>зокрема:</i>				

фузаріозні зерна	0,3	0,3	0,5	1,0
шкідлива домішка	0,1	0,1	0,2	0,2
зокрема:				
сажка, ріжки (разом)	0,05	0,05	0,05	0,1 (0,05 сажка, 0,05 ріжки)
триходесма сива	Не дозволено			
кукіль	У межах шкідливої домішки			
кожен з видів іншого токсичного насіння	0,05	0,05	0,05	0,05
Сажкове зерно, %, не більше ніж	3,0	8,0	8,0	10,0
Масова частка білка, у перерахунку на суху речовину, %, не менше ніж	14,0	12,5	11,0	Не обмежено
Масова частка сирової клейковини, %, не менше ніж	28,0	23,0	18,0	Не обмежено
Якість клейковини: одиниць приладу ВДК	45—100	45—100	45—100	Не обмежено
Число падіння, с, не менше ніж	220	220	180	Не обмежено

Для некласоутворювальних показників зерна пшениці м'якої рекомендовано значення:

- пошкодження зерна клопом-черепашкою, не більше ніж: 1 % — для зерна 1-го класу; 2 % — для 2-го класу; 2 % — для 3-го класу; не обмежено — для 4-го класу.
- сила борошна в одиницях альвеографа, не менше ніж: 220 — для зерна 1-го класу; 160 — для зерна 2-го класу; 130 — для зерна 3-го класу; не обмежено — для 4-го класу.



Таблиця 1.2 — Показники якості зерна твердої пшениці

Показник	Характеристика та норма для твердої пшениці за класами				
	1	2	3	4	5
Зерна м'якої пшениці, %, не більше ніж	4	4	8	10	Не обмежено
Натура, г/л, не менше ніж	750	750	730	710	Не обмежено
Вологість, %, не більше ніж	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
Склоподібність, %, не менше ніж	70	60	50	40	Не обмежено
Зернова домішка, %, не більше ніж	5,0	5,0	8,0	10,0	15,0
зокрема:					
пророслі зерна	1,0	1,0	3,0	3,0	У межах зернової домішки
Сміттєва домішка, %, не більше ніж	2,0	2,0	2,0	5,0	5,0
зокрема:					
мінеральна домішка	0,3	0,3	0,5	0,5	1,0
зокрема:					
галька, шлак, руда	0,15	0,15	0,2	0,3	У межах мінеральної домішки
зіпсовані зерна	0,2	0,2	0,5	1,0	1,0
зокрема:					
фузаріозні зерна	У межах зіпсованих зерен				
шкідлива домішка	0,2	0,3	0,5	0,5	0,5
зокрема:					
сажа, ріжки (разом)	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1
триходесма сива	Не дозволено				
кукіль	У межах шкідливої домішки				
кожен з видів іншого токсичного насіння	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
Сажкове зерно, %, не більше	5,0	5,0	5,0	5,0	10,0
Масова частка білка, у перерахунку на суху речовину, %, не менше ніж	14,0	13,0	12,0	11,0	Не обмежено
Число падіння, с, не менше ніж	220	200	150	100	Не обмежено

Відповідно до Державного стандарту зерно твердої та м'якої пшениці всіх класів має бути в здоровому стані, не зіпріле та без теплового пошкодження; мати властивий здоровому зерну запах (без затхлого, солодового, пліснявого, гнильного, полинного, сажкового, запаху нафтопродуктів тощо); мати властивий зерну колір; не дозволено зараження пшениці шкідниками зерна.

Для знебарвленої пшениці визначають ступінь знебарвленості. Для зерна м'якої пшениці 1—3 класів дозволено перший і другий ступені, для 4-го класу - будь-який ступінь знебарвленості.

У разі невідповідності граничній нормі якості зерна м'якої пшениці хоча б за одним показником її переводять у відповідний за якістю клас. У разі невідповідності показників кількості та якості клейковини мінімальним вимогам 1—3 класів пшеницю переводять у 4-й клас за умови дотримання вимог щодо інших показників якості.

У разі невідповідності граничній нормі якості зерна твердої пшениці хоча б за одним з показників її переводять у відповідний за якістю клас.

Але вологість зерна та вміст домішок у партії зерна пшениці допускають вище від граничних норм за згодою сторін, у разі технологічних можливостей доведення такого зерна до показників якості, зазначених в таблицях 1.1 та 1.2.

У разі невідповідності граничній нормі якості зерна пшениці хоча б за одним з показників з таблиць 1.1 та 1.2. та мікологічних випробувань (понад 100 штук спор сажкових грибів на 1 зернину), пшеницю визначають для обліку як «нестандартна» із зазначенням показника або показників невідповідності.

У кожній партії пшениці визначають:

- стан зерна,
- запах,
- колір,
- склоподібність,
- натуру,
- вологість,
- зернову та сміттєву домішки,
- зараженість шкідниками,
- зерно, пошкоджене клопом-черепашкою,
- сажкове зерно,
- масову частку білка
- масову частку сирої клейковини, її якість,
- число падіння,
- силу борошна (на вимогу).

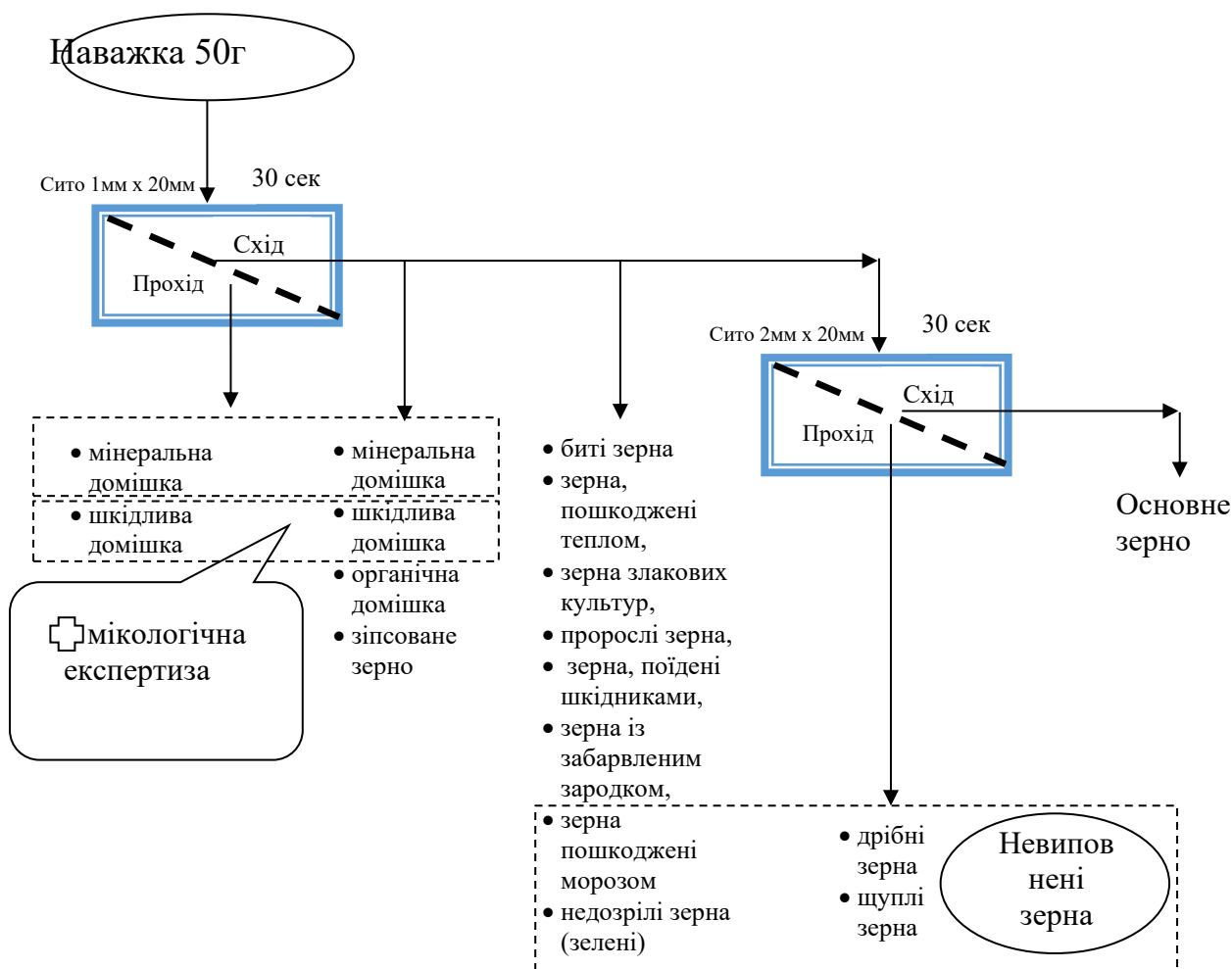
Показники безпечності визначають за сформованими партіями.

ПОРЯДОК АНАЛІЗУВАННЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ НА ВМІСТ ДОМІШОК

Наважку пшениці масою 50 г просіюють крізь сито з довгастими отворами розміром 1,0 мм x 20,0 мм протягом 30 с. Прохід сита зважують і відносять до мінеральної домішки. У сході із сита виділяють зерна биті, пошкоджені теплом, зерна злакових культур, пророслі зерна, зерна, поїдені шкідниками, зерна із забарвленим зародком, пошкоджені морозом і недозрілі зерна (зелені), мінеральну, органічну, шкідливу домішки та зіпсоване зерно.

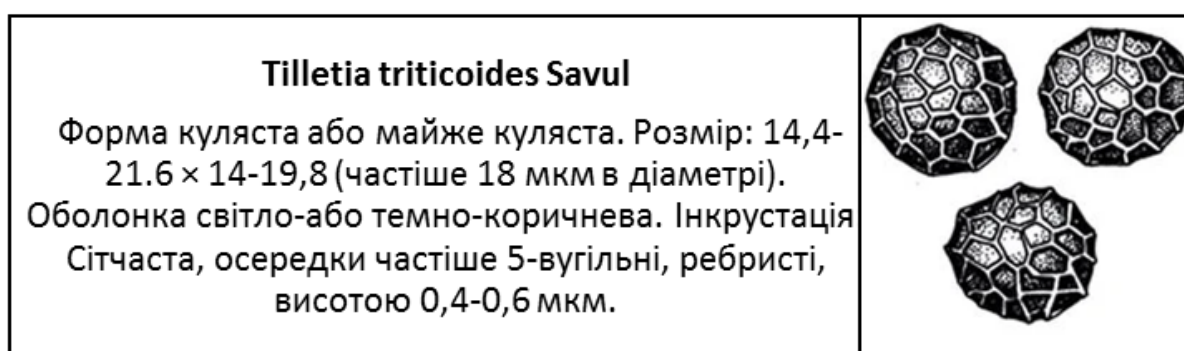
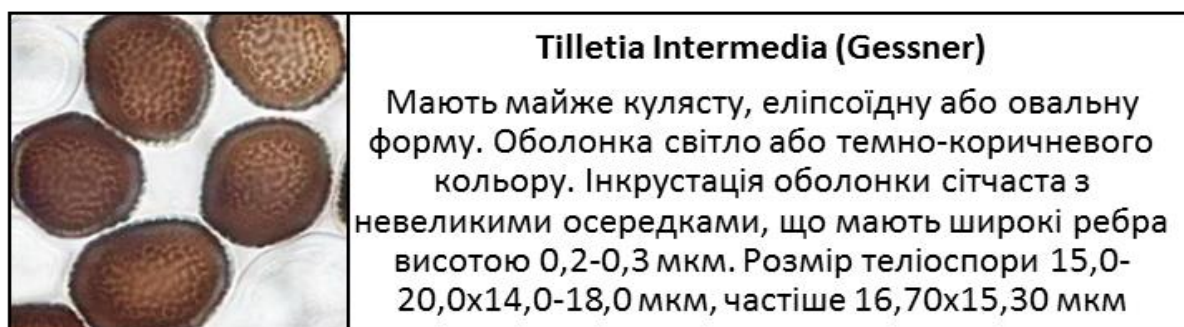
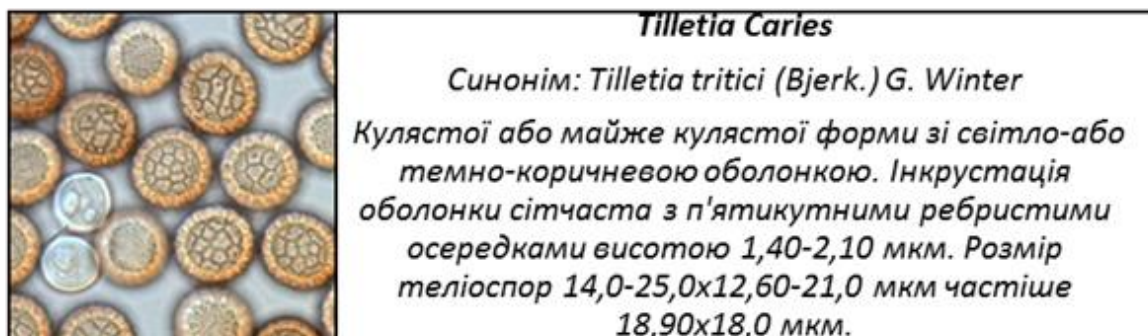
Після виділення всіх зазначених вище домішок зерно, що залишилося, просіюють крізь сито з довгастими отворами розміром 2,0 мм x 20,0 мм протягом 30 с.

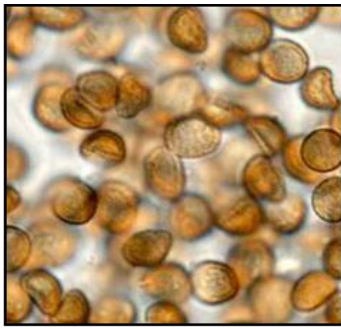
Увесь прохід сита з довгастими отворами розміром 2,0ммx20,0мм зважують і відносять до дрібних і щуплих зерен. Невиповнені зерна визначають як суму відсоткових вмістів зерен, пошкоджених морозом, недозрілих (зелених), дрібних і щуплих зерен.



Визначають сажкові зерна та пошкоджені клопом-черепашкою зерна. Сажкове зерно - зерно, у якого забруднена борідка, боріздка або частини поверхні спорами сажки, що визначають спочатку візуально, а в разі потреби підтверджують мікологічною експертизою. [4]

Морфологія теліоспор сажки пшениці



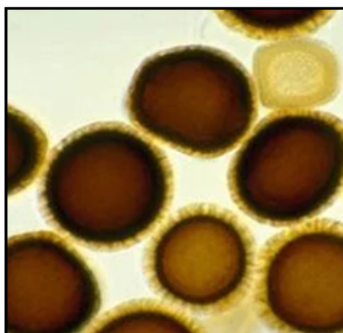
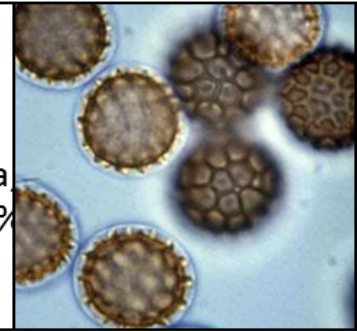


Ustilago tritici.

Спори шаровидні до субклубозної або яйцеподібної, діаметром 6–9 × 5–7 мкм, оливково-коричневого кольору, з одного боку блідіші.

Tilletia controversa

Чітко виражена сферична форма. Теліоспори кулясті, сітчасті, 19-27 мкм в діаметрі. На їх поверхні є безбарвний шар товщиною 1.5-4 мкм. Забарвлення теліоспор темно-коричнева в масі чорна, хоча серед них виявляється до 8% безбарвних (гіалінових) теліоспор, розміром 17-23 x 12-22 мкм, з гладкою, рідше сітчастої оболонкою.



Tilletia indica Mitra

Зрілі теліоспори блідо-оранжевого кольору, червоного або темно-коричневого, в масі майже чорного, кулясті або овальні, 22-47 мкм в діаметрі (рідше до 55-63,8 мкм, в середньому 35-41 мкм), іноді на кінці з ниткоподібним придатком.

Фото с микроскопа MFL-06, сітка камери Горяєва, знято на смартфон [6]

ВИЗНАЧЕННЯ ФУЗАРІОЗНИХ ЗЕРЕН ПШЕНИЦІ

З відібраних точкових проб складають середню пробу масою не менше ніж 2 кг. Із середньої проби, звільненої від крупної сміттевої домішки, виділяють одну наважку масою (50,0 ± 0,1) г.

Із наважки масою (50,0 ± 0,1) г за достатнього освітлення виділяють зерна з ознаками фузаріозу. У разі виявлення сумнівних зерен, які можна віднести до знебарвлених III ступеня або рожевозабарвлених нефузаріозних, за допомогою лупи визначають наявність міцелію і спородохій у зародку та борозенці, а також роблять зріз зародка та встановлюють його колір. Зерна відносять до фузаріозних за наявності сукупних ознак, зазначених у таблиці 1.4. Фузаріозні зерна зважують з точністю до 0,01 г.

Уміст фузаріозних зерен виражають у відсотках, для чого сумарну масу виявлених фузаріозних зерен у наважці 50 г множать на 2. Якщо третій десятковий знак дорівнює цифрі «5» чи більше, то другий збільшують на одиницю.

Розбіжність між результатами контрольних визначань не повинна перевищувати таких допустимих величин:

Таблиця 1.3 - Допустимі розбіжності вмісту фузаріозних зерен

<i>Вміст фузаріозних зерен, %</i>	<i>Допустимі розбіжності за контрольних визначень, %</i>
До 0,30 включ.	0,15
Понад 0,30 до 0,60 включ.	0,25
» 0,60 » 1,00 »	0,35
» 1,00 » 3,00 »	0,55
» 3,00 » 6,00 »	0,85
» 6,00 » 10,00 »	1,25

Таблиця 1.4 -Характеристика зовнішніх ознак ураженого фузаріозом зерна пшениці та знебарвленого і рожевозабарвленого нефузаріозного зерна

Ознака	Фузаріозне зерно	Знебарвлене зерно (III ступінь)	Рожевозабарвлене нефузаріозне зерно
Зовнішній вигляд зерна	Зерно білувате, крейдяне, із повною втратою блиску. На окремих зернах спостерігаються плями рожево-малинового або кремове-рожевого кольору	Зерно кремове-біле, із частковою або повною втратою блиску	На фоні нормально забарвлених оболонок є плями рожево-червоних відтінків на всій поверхні зерна, переважно біля зародка, що не вдається зіскребти. Зерно має нормальний блиск
Структура зерна	Ендосперм рихлий, кришиться, із борошнистою консистенцією. За пізнього фузаріозу — від борошнистого до частково склоподібного	Ендосперм за структурою близький до нормально забарвленого зерна	Ендосперм за склоподібністю не відрізняється від ендосперму нормально забарвленого зерна
Форма і наповненість	Більшість зерен зморщені, щуплі. Мають загострені боки і добре вдавлену борозенку. У разі пізнього фузаріозу за формою борозенки та розміром зерна близькі до нормального, іноді здуті, із відлущеною оболонкою	Не відрізняється від нормально забарвленого зерна. На спинці зерна оболонка може бути дещо зморщена	Не відрізняється від нормально забарвленого зерна, Рожево-забарвлена оболонка щільно прилягає до ендосперму
Наявність грибкової інфекції та життєздатність зародка	Зародок нежиттєздатний, на зрізі має чорний колір. На зародку та в борозенці є міцелій гриба	Зародок життєздатний, на зрізі блідо-жовтого кольору. На зародку та в борозенці немає міцелію та спородохій гриба	Зародок життєздатний, на зрізі блідо-жовтого кольору. На зародку та в борозенці немає міцелію та спородохій гриба

ВИЗНАЧЕННЯ СПОР САЖКИ МЕТОДОМ МІКОЛОГІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ

Дослідження проводять у лабораторних умовах за температури навколишнього середовища (17—25) °С, відносної вологості (50—70) %. Робочі поверхні та дільник зерна мають бути оброблені дезінфікувальними засобами перед початком випробування та після закінчення випробування для уникнення контамінації (забруднення) спорами сажкових грибів наступних зразків зерна.

Для аналізування з середньої проби виділяють чотири робочі проби по 100 зерен у кожній. Кожну робочу пробу поміщають у плоскодонну колбочку або стаканчик, заливають 10 см³ дистильованої води і збовтують протягом 5хв. Одержані суспензії спор переливають у центрифужні пробірки і центрифугують протягом(10—15)хв за(2 000—2 500) об/хв. Після закінчення центрифугування з пробірок обережно видаляють 9 см³ надосадової рідини. Осад, який залишився, скаламучують піпеткою Пастера. Одержаний препарат переносять в камеру Горяєва та проглядають під мікроскопом.

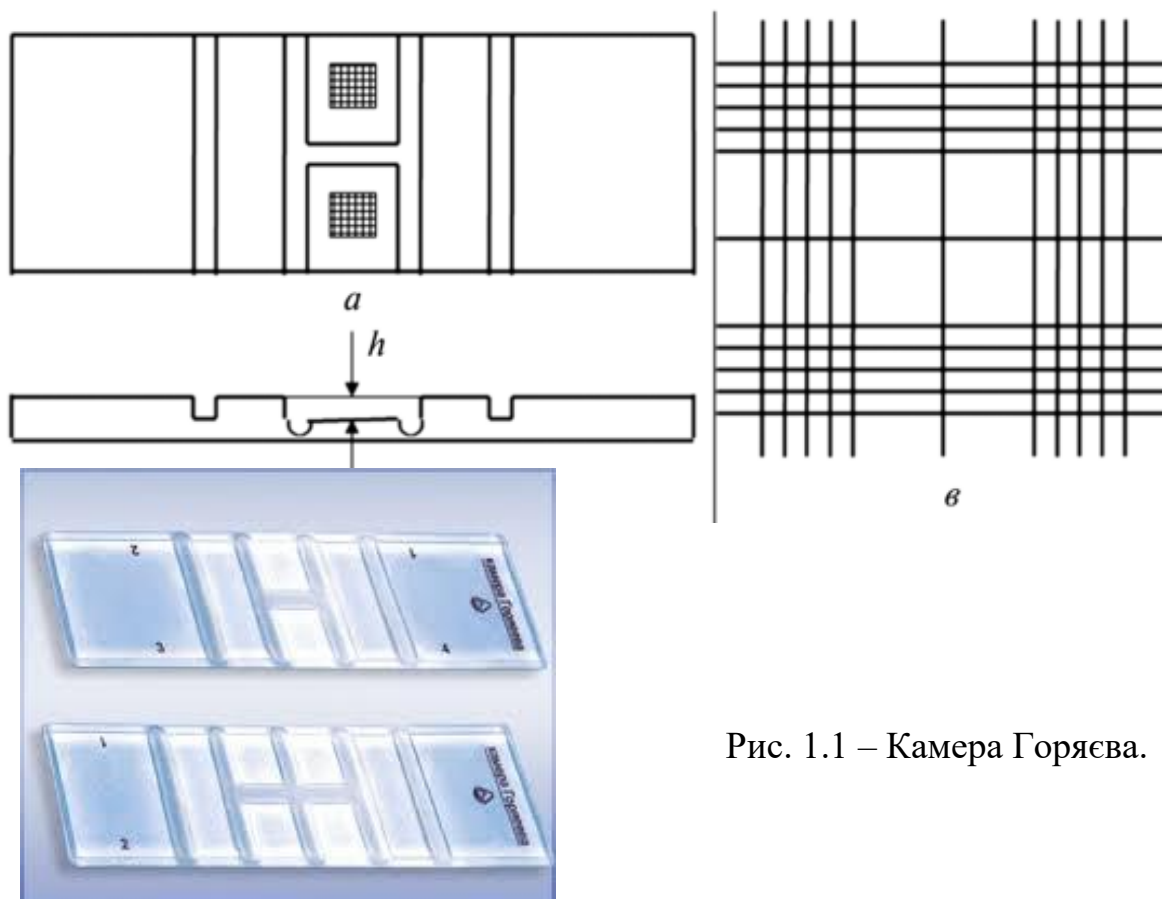


Рис. 1.1 – Камера Горяєва.

Під час роботи з мікроскопом першим етапом є визначення загального фону заспореності суспензії. Відповідно до цього роблять висновок: який квадрат камери Горяєва (великий чи малий) вибрати для зручності підрахунку спор. В

окремих випадках, за дуже малої концентрації спор, для підрахунку беруть усю площу камери.

Спори ідентифікують за морфологічними ознаками.

Зараженість спорами однієї зернини (C_3) у штуках обчислюють за формулою:

$$C_3 = C_1 : 100,$$

де C_1 — кількість спор в 1 см^3 суспензії, шт/см³;

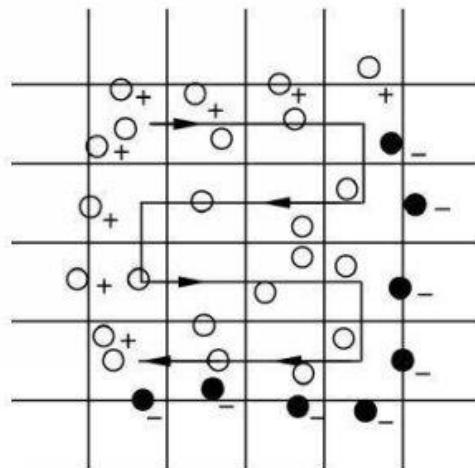
величину C_1 обчислюють множенням виявленої кількості спор у великих квадратах камери Горяєва на 250 000,

у малих — на 400 000,

якщо підраховують на всій площі камери, то виявлену кількість спор множать на 1 111;

100 — кількість зернин, узята для аналізування, шт;

Результатом аналізування є середньоарифметична із чотирьох проб.



Послідовність виконання роботи.

1. Кожен студент одержує 3 зразки пшениці невідомого класу.
2. Визначити клас зерна за показниками наведеними ДСТУ3768:2019 (табл. 1.1, 1.2) та занести до табл. 1.5.
3. Відзначити по кожній партії показники, які обмежують (лімітують) якість і товарний клас зерна.
4. Зробити висновки по роботі.

Таблиця 1.5 – Визначення класу пшениці

Показники	Номер партії зерна							
	1	2	3	4	5	6	7	...
Натура, г/л, не менше ніж								
Склоподібність, %, не менше ніж								
Вологість, %, не більше ніж								
Зернова домішка, %, не більше ніж зокрема:								
биті зерна								
зерна злакових культур								

пророслі зерна								
Сміттева домішка, %, не більше ніж зокрема:								
мінеральна домішка зокрема:								
галька, шлак, руда								
зіпсовані зерна зокрема:								
фузаріозні зерна								
шкідлива домішка зокрема:								
сажка, ріжки								
триходесма сива								
кукіль								
кожен з видів іншого токсичного насіння								
Сажкове зерно, %, не більше ніж								
Масова частка білка, у перерахунку на суху речовину, %, не менше ніж*								
Масова частка сирі клейковини, %, не менше ніж								
Якість клейковини:								
група								
одиниць приладу ВДК								
Клас зерна пшениці								



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. До зернової домішки пшениці належать?
2. До сміттевої домішки пшениці належать?
3. До основного зерна пшениці належать?
4. Показники якості зерна м'якої пшениці.
5. Показники якості зерна твердої пшениці.
6. Порядок аналізування зерна пшениці на вміст домішок.
7. Порядок визначення фузаріозних зерен пшениці.
8. Порядок визначення спор сажки методом мікологічної експертизи зерна пшениці.

Вплив факторів на сипкість зернових мас

Мета: навчитися визначати сипкість зернових культур в залежності від матеріалу поверхні, на якій формується зернова маса.

Об'єкт вивчення: зерно різних культур.

Предмет вивчення: кут природного укусу.



Теоретична інформація

Здатність зерна та зернової маси переміщатися по будь-якої поверхні, розташованій під деяким кутом до горизонту, називають сипкістю. Зернова маса має гарну сипкість, що використовують при переміщенні зерна конвеєрами, норіями і іншими засобами, при завантаженні зерна в бункери, силоси і випуску з них самопливом.

Сипкість зернової маси характеризують кутом природного укусу (нахилу).

Кут природного укусу - це найбільший кут, який може бути утворений укусом вільно насипаного сипкого матеріалу в стані рівноваги з горизонтальною площиною, тобто кут між діаметром підстави і лінією, що утворює конус зернової маси, який виходить при її вільному падінні на горизонтальну площину.

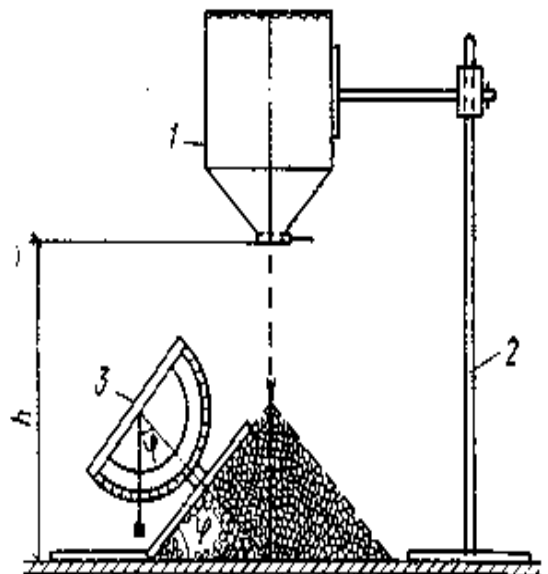
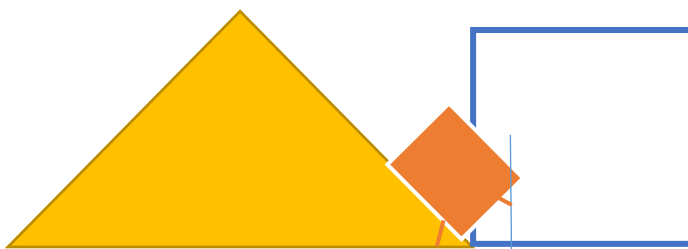


Рис. 2.1 – Схема вимірювання кута природнього нахилу за допомогою подібних трикутників або транспортира

На сипкість зернової маси впливають багато чинників: гранулометричний склад і гранулометрична характеристика (форма, розміри, характер і стан поверхні зерен), вологість, кількість домішок і їх видовий склад, матеріал, форма і стан поверхні самопливної труби.

Найбільш сипкі зернові партії, що складаються з насіння кулястої форми з гладкою поверхнею (просо, горох, соя). При відхиленні від цієї форми сипкість зерна погіршується. Зерна довгасті, тонкі, з шорсткими оболонками або квітковими плівками мають меншу сипкість. Домішки, особливо легкі і дрібні або мають шорстку поверхню, знижують сипкість зернової маси. Збільшення вологості зернової маси призводить до зниження сипкості і збільшення кута природного відкосу. Сипкість зернової маси знижується при зберіганні внаслідок ущільнення та служить непрямим показником стану зерна, що зберігається.



Послідовність виконання роботи

1. Визначити кут природного укосу зернових культур різної вологості.
2. Встановити значення вологості пропонованих зразків зернової маси теплофізичним і електрометричним методами.
3. Побудувати залежність кута природного укосу зернових мас запропонованих зразків від їх вологості. (приклад наведено на рис.2.1.)
4. Визначити вплив матеріалу поверхні на кут природного укосу різних культур.
6. Порівняти отримані результати з інформацією, наведеною в таблиці 2.1 та оформити у вигляді таблиці 2. 2.
7. Побудувати графічну залежність куту природного укосу від вологості та культури, що досліджувалися. Приклад оформлення наведено на рис. 2.2.
8. Зробити висновки по роботі.

Таблиця 2.1. - Куты природного укосу зерна різних культур

Культура	Кут, град	Культура	Кут, град
Пшениця	23...38	Горох	24...31
Жито	23...38	Соя	25...32
Ячмінь	28...45	Віка	28...33
Кукурудза	30...40	Кормові боби	29...35
Соняшник	31...45	Сочевиця	25...32
Рис	27...48	Льон	27...34
Овес	31...54	Рицина	34...46
Просо	20...27		

Таблиця 2.2 – Оформлення результатів визначення куту природного укосу

Культура	Вологість	Кут природного укосу, град. на поверхні:			
		пластик	дерево	метал	резина
Пшениця	<i>суха</i>				
	<i>волога</i>				
.....					

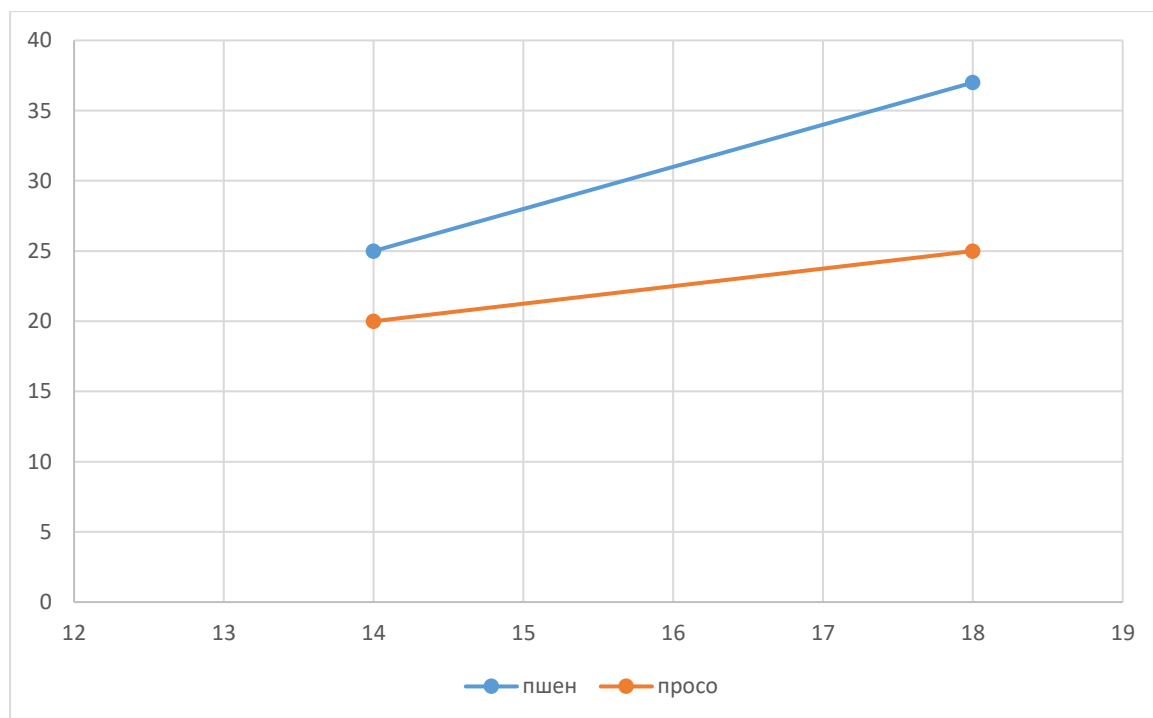


Рис. 2.2 – Графічне зображення зміни кута природного нахилу зерна різних культур та різної вологості



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Від чого залежить кут природного укосу?
2. Що таке кут природного укосу?
3. Дайте визначення поняттю сипкість зернової маси?
4. Що призводить до зниження сипкості зернової маси?
5. Що визначає сипкість зернової маси?

Вивчення плинучого матеріалу із середовища

Мета: навчитися визначати величину витрати зернової маси при витіканні її із ємності крізь отвір.

Об'єкт вивчення: зерно різних культур.

Предмет вивчення: утворення сводів.



Теоретична інформація.

Під потоком сипучого матеріалу розуміють таку сукупність часток, при якій рухомі частинки твердого тіла не втрачають контакту між собою.

Рух потоку сипучих матеріалів можна поділити на такі види:

- рух по похилих трубах і каналах з неповним заповненням площі поперечного перерізу;
- рух по похилих і вертикальних трубах і судинах із заповненням площі поперечного перерізу;
- витікання сипучих матеріалів з отворів, розташованих в дні або бічної стінки судини (бункера або силосу).

Під пов'язаною формою руху розуміють рух потоку сипучого матеріалу, при якому зв'язки, накладені на частки, утримують їх в спокої відносно один одного. Градієнт швидкості потоку по поперечному перерізі дорівнює нулю.

Пов'язану форму руху зерна можна спостерігати в потоці сипучого матеріалу тільки при його нерозривності. Нерозривність потоку сипучого матеріалу визначається мінімальним розміром D судини і максимально допустимою швидкістю v_n його руху.

Нерозривності потоку відповідає мінімальний діаметр $d_{кр}$ судини.

Величина $d_{кр}$ (мм) залежить від фізичних властивостей сипучих матеріалів і характерного розміру часток твердого тіла. Для ідеальних сипучих матеріалів ця величина визначається рівнянням

$$d_{кр} = ae^{b\delta} \quad (3.1)$$

де a та b – сталі, що залежать від фізичних властивостей сипкого матеріалу ($a = 4,5 \dots 5$; $b = 0,22 \dots 0,25$);

δ – найбільший розмір частини матеріалу, мм

$e = 2,71828182845904$.

Процес плинучого матеріалу з отворів судин характеризується величиною витрат, яка не залежить від висоти шару сипучого матеріалу, засипаного в ємність. Природа процесу витікання, що визначає сталість витрати сипучого матеріалу, може бути пояснена властивостями матеріалу.

Засипаний в ємність сипучий матеріал при відкритті випускного отвору під дією сили тяжіння буде переміщуватися до отвору. Те, що відбувається при цьому відносно зміщення між частинками перерозподіляє зусилля в контактах, в силу чого у випускного отвору створюються умови для створення своєрідного своду з сипучого матеріалу. Залежно від розміру отвору, що утворився свод може прийняти стійку форму, перекрити вихідний отвір, і випуск сипучого матеріалу припиниться.

Розмір випускного отвору, при якому утворюються **стійкі своди** (рис.3.1), характеризується величиною $d \leq d_{кр}$.

При розмірі випускного отвору $d > d_{кр}$ порушуються умови існування стійкого своду і формується **динамічний свод**.

Швидкість витікання сипучого матеріалу в площині випускного отвору залежить від висоти своду, так як в підсводному просторі частинки, які покинули свод, рухаються під дією сили тяжіння з висоти, що дорівнює висоті своду.

Висота своду (рисунок 3.2) – функція механічних властивостей матеріалу і характерного розміру випускного отвору, і тільки від неї залежить величина витрат сипучого матеріалу.

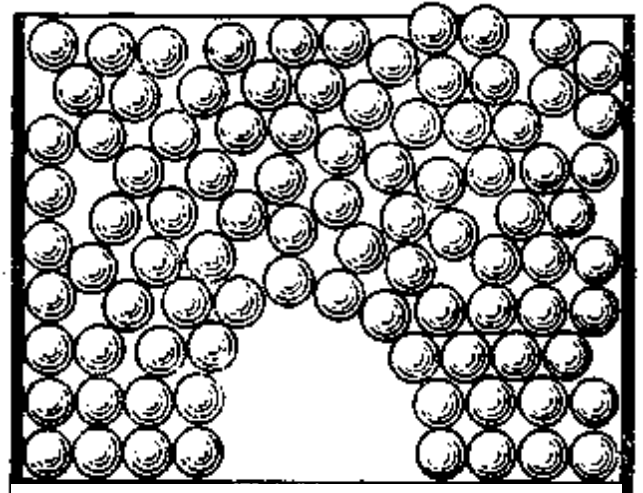


Рисунок 3.1 – Зображення стійкого своду

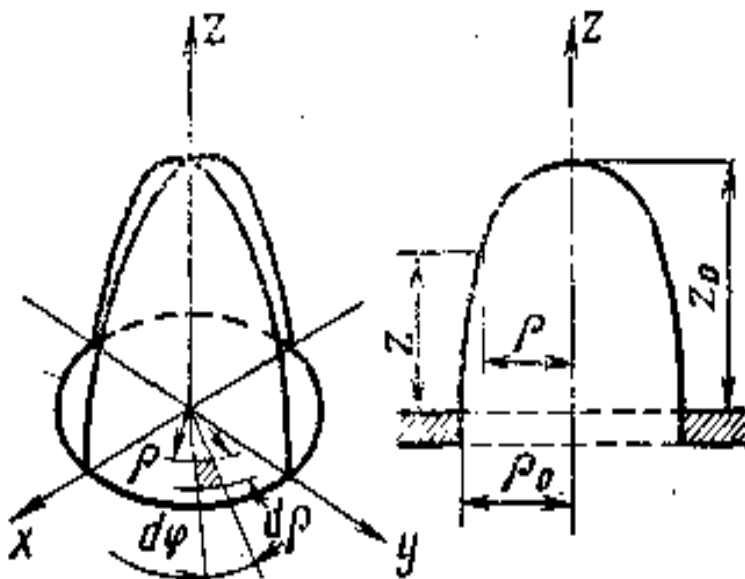


Рисунок 3.2 – Вимірювання висоти своду

Величину витрат Q (т/год) сипкого матеріалу визначають за рівнянням:

$$Q = 3600b_3R_\Gamma F\gamma_0 \quad (2)$$

де F – площа випускного отвору, m^2 ;

b_3 – стала (для пшениці — 25, для чумизи — 37);

γ_0 – об'ємна маса сипкого матеріалу, t/m^3 ;

R_Γ – гідравлічний радіус випускного отвору, m .

Експериментальна установка.

Лабораторна робота виконується на модифікованому об'ємомірнику хліба (рис. 3.3). Для цього на нижньому кінці скляної трубки додатково змонтований блок для знімних засувок, кожна з яких має певний діаметр отвору. Змінюючи одну засувку на іншу можна змінювати діаметр випускного отвору. Діаметр може змінюватися від 10мм до 50мм. Крок зміни діаметра становить 5мм.

У верхній короб завантажується досліджуване зерно об'ємом $2,0 \text{ дм}^3$. Проводиться пробне дослідження для уточнення об'єму завантаженого зерна. При цьому в блок знімних засувок встановлюється пробна засувка без отвору, відкривається засувка і фіксується обсяг зерна на верхній мітці лінійки (2800см^3). Уточнений об'єм зерна відсипається в підготовлену ємність і застосовується для подальшого проведення дослідження.

При закінченні плинину зерна з посудини, об'єм його можна контролювати по лінійці, розміщеній на внутрішній стороні від скляного циліндра. Шкала на лінійці проградуєвана в об'ємних одиницях (см^3). Верхня точка буде знаходитися на розподілі 2800см^3 , нижня 700см^3 .

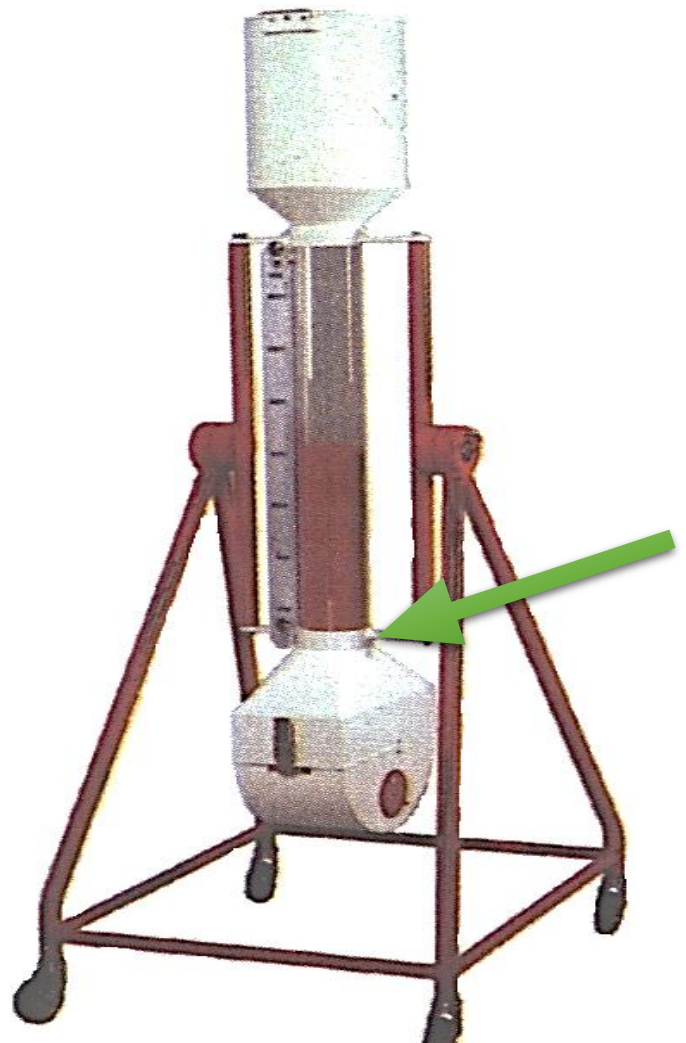


Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд експериментальної установки

Послідовність виконання роботи.



1. Визначити критичний діаметр випускного отвору.

1.1. По черзі встановлюючи в блок засувки з різним діаметром, починаючи з мінімального, встановити $d_{кр}$, і найменший діаметр, при якому починають утворюватися динамічні своди, тобто спостерігається витікання сипучого матеріалу.

1.2. За допомогою мікрометра визначити максимальний розмір зерна досліджуваних культур.

1.3. Розрахувати теоретичне значення $d_{кр}$ за формулою (1) для всіх досліджуваних культур і видів зерна. Порівняти отримані результати з експериментальними.

2. Визначити величину витрат Q (т / год) сипучого матеріалу через отвори різного діаметру.

2.1. Виміряти час закінчення плинину досліджуваного об'єму зернового матеріалу через всі діаметри отворів ($d > d_{кр}$). Розрахувати величину витрати сипучого матеріалу на підставі експериментальних даних.

2.2. Розрахувати теоретичне значення Q за формулою (2).

2.3. Побудувати графічні залежності величин витрати сипучого матеріалу від діаметра вихідного отвору для теоретичних і експериментально отриманих результатів. Зобразити графічні залежності для кожного зразка зернової сировини.

2.4. Засікти час закінчення кожних 100 см³ і показати графічно, як змінюється величина витрати сипучого матеріалу при різній висоті шару, засипаного в ємність.

3. Отримані результати оформити у вигляді таблиці 3.1.

4. Зробити висновки по роботі.

Таблиця 3.1 – Аналіз результатів досліджень плинину сипкого матеріалу

Культур а (зразок)	Величина випускного отвору $d_{кр}$		Величина расхода (Q)		
	розрахункова	експериментальна	розрахун кова	експеримент альна	при d

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ



1. Умови для утворення стійкого своду?
2. Умови для утворення динамічного своду?
3. Як визначити величину витрат Q (т / год) сипучого матеріалу?
4. Що характеризує показник критичного діаметру?

Визначення інтенсивності дихання зерна і втрати його маси

Мета: навчитися визначати дихання зернової маси.

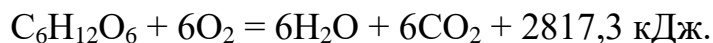
Об'єкт вивчення: зерно різних культур.

Предмет вивчення: інтенсивність дихання.



Теоретична інформація

Джерелом запасних речовин, які витрачає на дихання зерно злакових, є вуглеводи, олійних — олія. В сухому зерні злакових цукрів мало. З підвищенням вологості зерна з'являється вільна волога, яка активізує діяльність ферментів. Під впливом амілолітичних ферментів крохмаль перетворюється на цукри (глюкозу тощо). Глюкоза при аеробному диханні розкладається на вуглекислий газ, воду. При цьому виділяється енергія, яка потрібна для підтримання життєдіяльності зародка зернівки. При анаеробному диханні розпад глюкози супроводжується виділенням спирту, вуглекислого газу та енергії. Баланс хімічних перетворень при аеробному диханні можна виразити таким рівнянням:



Повне окислення у процесі дихання однієї грам-молекули глюкози супроводжується виділенням енергії, що дорівнює 2817,3 кДж. Якщо процес аеробного дихання певного рослинного організму відбувається у точній відповідності з наведеним рівнянням, то відношення об'єму вуглекислого газу, що виділяється, до об'єму кисню, що вбирається, становить дихальний коефіцієнт ($CO_2/O_2 = 1$).

Аеробне дихання рослинних організмів супроводжується такими явищами:

- 1) зменшення маси внаслідок витрати органічних речовин на дихання;
- 2) зміною складу зовнішнього середовища (повітря) внаслідок вбирання кисню та виділення вуглекислого газу;
- 3) виділенням вологи;
- 4) виділенням теплоти.

Формула анаеробного дихання:



У процесі зберігання зернових мас відбувається витрата сухої речовини на їх дихання. Інтенсивність дихання зернових мас визначають за кількістю виділеного вуглекислого газу або увібраного кисню. Найбільш інтенсивне дихання спостерігається в зерні високої вологості, мінімальне — у сухому зерні. Фактор вологості, таким чином, вирішальний у визначенні інтенсивності дихання. Так насіння проса з вологістю 14-15 % дихає в 2-4 рази інтенсивніше, ніж з вологістю 13%. Сире зерно пшениці з вологістю понад 17 % дихає в 20-30 разів інтенсивніше порівняно з сухим. Вологість зернових злакових понад критичної може спричинювати самозігрівання зерна. В 1л атмосферного повітря близько 0,4 мг вуглекислого газу. Якщо зерно дихає інтенсивно, то кількість вуглекислого газу в 1 л повітря міжзернового простору досягає 500-600 мг. Інтенсивність дихання зерна виражається кількістю вуглекислого газу в міліграмах, що виділяється 1 кг сухої речовини зерна за 24год.

Класичний метод визначення полягає у розчиненні виділеного вуглекислого газу, у розчині барієвого гідроксиду, та визначенні кількості цього газу шляхом титрування децинормальним розчином щавлевої кислоти. Одним із різновидів цього способу є аспіраційний.

При аспіраційному методі застосовують пристрій, що складається з поглиначів для очищення лабораторного повітря розчином 28-30 % калію чи натрію гідроксиду, який зв'язує CO_2 повітря; приймача зерна (куди вміщують 100г зерна); поглиначів CO_2 , що утворився при диханні зерна (у кожен з них наливають по 100 мл $\text{Ba}(\text{OH})_2$); аспіратора (ємність з поділками на 1 л, заповнена водою, з отвором у нижній частині); гумових з'єднувальних трубок (рис. 4.1). Аспіратор розміщують на 20-30см вище від усього пристрою для кращого витікання води. Усі гумові трубки повинні бути оснащені тримачами. Прилад готовий до роботи після засипання зерна у приймач, заповнення поглиначів відповідними розчинами лугів, а аспіратора — водою. Потім відкривають затискач аспіратора і протягом 5 хв протягують воду (цей час у розрахунки не беруть). Крізь зерно (насіння) просмоктується повітря, очищене від вуглекислого газу. Швидкість витікання води з аспіратора (3 л/год) регулюють затискачами гумової трубки. Виділена вуглекислота підхоплюється потоком повітря і потрапляє в колбу-поглинач з баритовою водою через трубку, занурену на 1-1,5 см у розчин. Перед тим як потрапити у приймач, повітря очищається 33 % розчином KOH чи NaOH , налитим у трубки Бабо. Оскільки в повітрі лабораторії вуглекислого газу мало то трубки Бабо із залитим розчином можуть залишатись без зміни розчину протягом тривалого часу.

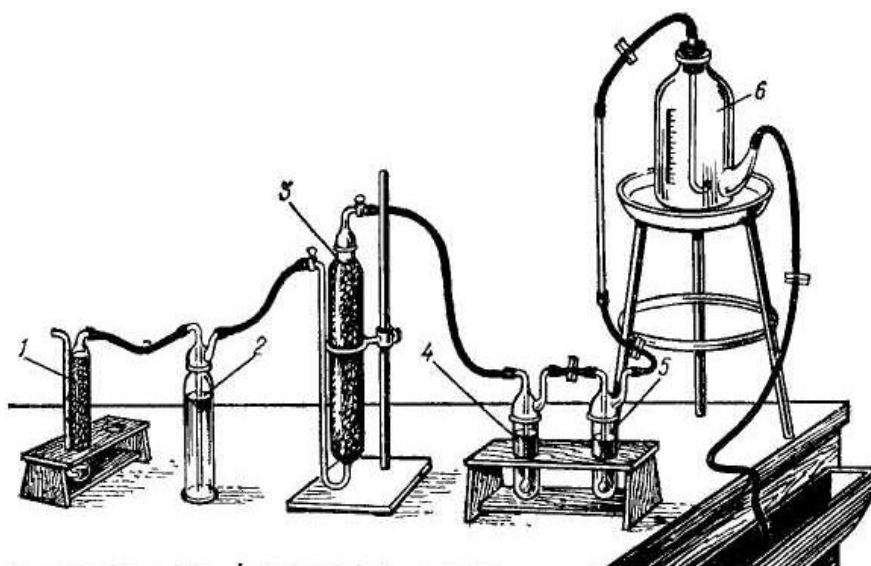


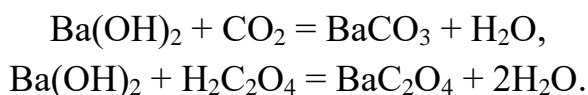
Рис. 4.1 Пристрій для визначення інтенсивності дихання зерна:

1, 2 — трубки Бабо для очищення повітря від вуглекислого газу; 3 — приймач зерна; 4, 5 — ємкості з барію гідроксидом для осадження виділеного вуглекислого газу, 6 — аспіратор.

Повітря, що виходить з приймача із зерном, багате на вуглекислий газ, тому за 1 год досліду велика кількість барію зв'язується CO_2 з утворенням BaCO_3 , і концентрація барію в розчині знижується. Визначають інтенсивність дихання за різницею розчинів щавлевої кислоти, яка вступила в реакцію під час титрування розчину бариту до та після дихання зерна.

Для титрування у дві колби місткістю 50—100 мл піпеткою набирають по 25мл вихідного розчину бариту, додають 3 мл фенолфталеїну (3 краплі) і титрують розчином щавлевої кислоти до знебарвлення.

1 г-моль розчину щавлевої кислоти має бути еквівалентною 1 г-моль вуглекислого газу. При визначенні інтенсивності дихання виходять із таких реакцій:



1 г-моль щавлевої кислоти кристалізується з двома молекулами води, тому маса її дорівнює: $(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 126$ (г), а $\text{CO}_2 = 44$ (г). Якщо 126 г щавлевої кислоти еквівалентні 44 мг CO_2 , то X мг щавлевої кислоти еквівалентний 1 мг CO_2 *X ($126/44 = 2,8636$) (мг).

Звідси, щоб 1 мл розчину щавлевої кислоти був еквівалентним 1 мг вуглекислого газу, він повинен містити 2,8636 мг щавлевої кислоти. Для виготовлення такого розчину на аналітичних вагах відважують 2,8636 мг щавлевої кислоти, переносять у мірну колбу, додають трохи дистильованої води, розчиняють, а потім доводять до мітки дистильованою водою. Виготовленим розчином титрують як вихідний, так і дослідний розчини бариту.

Наприклад, на титрування 25 мл вихідного розчину бариту було витрачено 28,5 мл щавлевої кислоти (середнє після трьох титрувань), на титрування дослідного бариту — 28,2 мл. Таким чином, концентрація бариту *a* зменшилась на 0,3 мл (28,5—28,2).

Інтенсивність дихання зерна за 24 год D (мг CO_2 на 1000г сухої речовини) розраховують за формулою:

$$D = \frac{a \cdot 4 \cdot 1000}{M_n \cdot t} \cdot 24 \quad (4.1)$$

де a — різниця кількості $\text{Ba}(\text{OH})_2$ до і після дихання

4 — розрахунок на всю кількість бариту (якщо для титрування брали 25 мл бариту, а всього в досліді — 100 мл);

M_n — маса наважки сухої речовини, г;

t — тривалість досліду, год.

За умовою 1 мл розчину щавлевої кислоти еквівалентний 1 мг вуглекислого газу. Це дає змогу визначити кількість вуглекислого газу, яка виділилась, наприклад, з 1 кг насіння з вологістю 30 %.

Розрахунок проводять так. Якщо за 1 год досліду 100 г насіння виділило 2,4 мг CO_2 , то за 24 год при рівномірному диханні виділиться 57,6 мг CO_2 ($2,4 \cdot 24$), а 1 кг відповідно виділить 576 мг. Якщо вологість насіння становитиме 30 %, то 1 кг його буде містити 700 г сухої речовини і інтенсивність дихання 576 мг CO_2 відповідатиме саме цій кількості сухої речовини.

Щоб визначити інтенсивність дихання 1 кг насіння, роблять такі розрахунки: при диханні 700 г насіння виділилось 576 мг CO_2 , при диханні 1000г — D .

$$D = 1000 \cdot 576 : 700 = 823 \text{ (мг)}.$$

Звідси інтенсивність дихання 1 кг насіння за 24 год — 823 мг CO_2 .

За інтенсивністю дихання визначимо витрати сухої речовини X за 30 днів зберігання такого зерна за формулою

$$X = \frac{D \cdot 0,6825 \cdot 30}{1000} \quad (4.2)$$

де 0,6825 — коефіцієнт переведення вуглекислоти на глюкозу (1 мг CO_2 дістають при розпаді 0,6826 мг глюкози);

D — інтенсивність дихання, мг CO_2 ;

30 — кількість днів зберігання зерна;

1000 — коефіцієнт переведення у грами та відсотки.

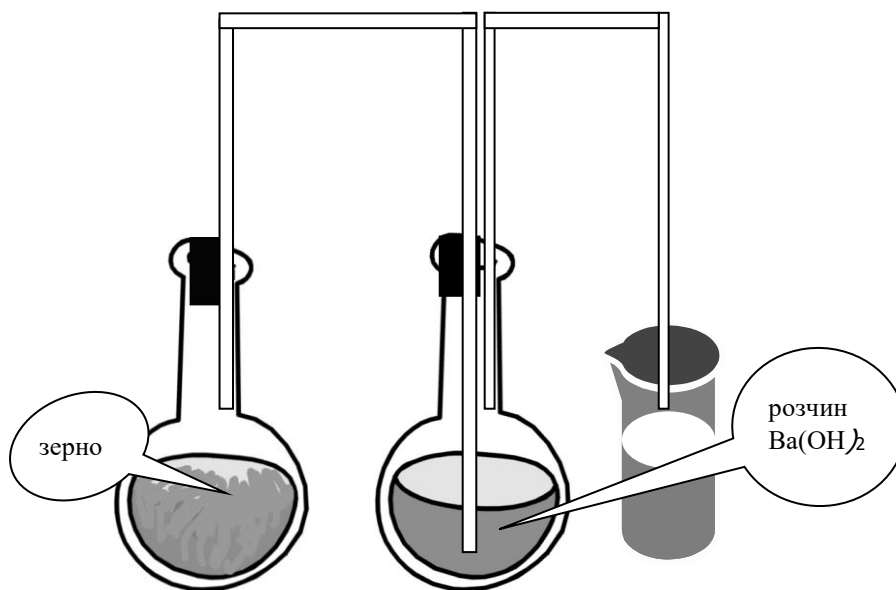
Матеріали, обладнання, реактиви: прилад для визначення інтенсивності дихання, колби безмірні конічні на 50—100 мл, піпетки на 25 мл, хімічні склянки, електровологомір, зразки зерна, щавлева кислота, розчин барію оксиду, 1 % розчин фенолфталеїну.



Послідовність виконання роботи

1. Визначити вологість дослідного зразка зернової культури метом прискореного висушування
2. Визначити інтенсивність дихання дослідного зразка зернової культури (рисунок 4.2).
3. Розрахувати можливі втрати зернової маси на дихання при умовах зберігання зерна 30, 60, 90, 120, 150 діб.
4. Зробити висновки по роботі.

Рисунок 4.2 –
Лабораторний пристрій визначення інтенсивності дихання зерна.



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. За яких умов проходить анаеробне дихання зерна?
2. Якими явищами супроводжується аеробне дихання рослинних організмів?
3. Дайте визначення поняттю сипкість зернової маси?
4. Що призводить до зниження сипкості зернової маси?
5. Що визначає сипкість зернової маси?

Вивчення процесу сушіння зерна

Мета роботи. Вивчення кінетики процесу сушіння вологого зерна при різних параметрах.

Теоретична інформація.



Сушіння є ключовою технологічною операцією, яка спрямована на зведення зерна та насіння до стійкого стану. Лише після того, як зі свіжозібраної зернової маси видалена вся надлишкова волога і зерно доведено до сухого стану, можна розраховувати на подальшу надійну збереженість продукції.

Суть сушіння полягає в видаленні з зерна вологи, що призводить до збільшення відносного вмісту сухої частини. У сухій зерновій масі всі живі компоненти, крім шкідників та комах, перебувають в анабіотичному стані. Сухе зберігання зерна є основним засобом для підтримки високої життєдіяльності насіння у зернових партіях усіх культур, а також для збереження якості продовольчого зерна протягом тривалого періоду зберігання.

Зерно, як об'єкт сушіння, можна розглядати як живий організм з капілярно-пористою структурою. Оболонки насіння мають капіляри, які дозволяють парі води проникати через них. Однак насінневі оболонки та алейроновий шар є менш проникними для пари води, і якщо сушіння не відбувається належним чином, це може спричинити здуття зерна через утримку водяної пари всередині ендосперму.

Крім того, зародок містить дуже чутливі до температури водорозчинні білки, такі як альбуміни. При підвищенні температури більше 41—42 °C ці білки можуть денатуруватися, що призводить до втрати життєздатності насіння.

Сушіння є складним тепломасообмінним процесом, який має забезпечити збереження всіх властивостей речовин у зерні. Під час сушіння відбуваються зміни термодинамічних і теплофізичних властивостей зерна, таких як теплоємність і теплопровідність. Тому важливо точно дотримуватися рекомендованих режимів сушіння для кожної культури, враховуючи її вологість і призначення.

Сушіння зерна ґрунтується на його здатності випаровувати вологу з поверхні, при умові, що тиск водяної пари в зерні перевищує тиск у зовнішньому середовищі.

Під час процесу сушіння відбуваються наступні фізичні явища:

- передача тепла від джерела нагріву до зерна;
- переміщення вологи від центральних шарів зерна до його поверхні;

- випаровування вологи з поверхні зерна та її дифузія в оточуюче середовище;
- переміщення вологи при наявності температурного градієнту за рахунок теплопередачі.

Закономірності сушіння зерна такі:

- Чим вища вологість зерна на початку процесу сушіння, тим швидше відбувається видалення вологи, особливо у початковий період. У свіжому зерні першочергово видаляється механічно зв'язана волога. Капілярно зв'язана волога, яка тісно пов'язана з крохмалевими зернами, а ще більше — з білками, видаляється пізніше. Тому процес сушіння зерна переважно обмежується видаленням вологи з білкового комплексу.
- Під час сушіння зерно нагрівається швидше, ніж випаровується волога. Це спричинило доцільність використання для сушіння зерна методу рециркуляції (з відлежуванням), коли вже нагріте зерно може продовжувати сушіння, навіть коли процес випаровування знімається.
- Сушіння можливе лише тоді, коли тиск пари всередині зерна вищий, ніж у навколишньому середовищі, що призводить до його випаровування. Коли температура поверхні зерна дорівнює температурі середовища сушильної камери, процес сушіння (випаровування води) припиняється.
- Разом з переміщенням вологи також переміщуються розчинені в ній мінеральні речовини, що призводить до збільшення зольності периферійної частини зерна і зародка.
- Якщо вміст органічної легкої домішки в насипі перевищує 0,1%, існує ризик її загоряння в сушарці.
- Якщо зерно перед сушінням зберігалось в анаеробних умовах в насипі висотою понад 4 метри, то в зерні накопичується етиловий спирт. При різкому нагріванні це може призвести до загибелі зародків. Тому перед сушінням зерно слід попередньо провітрювати для видалення спирту. Швидкість процесу сушіння залежить від вологості повітря (рис. 5.1).

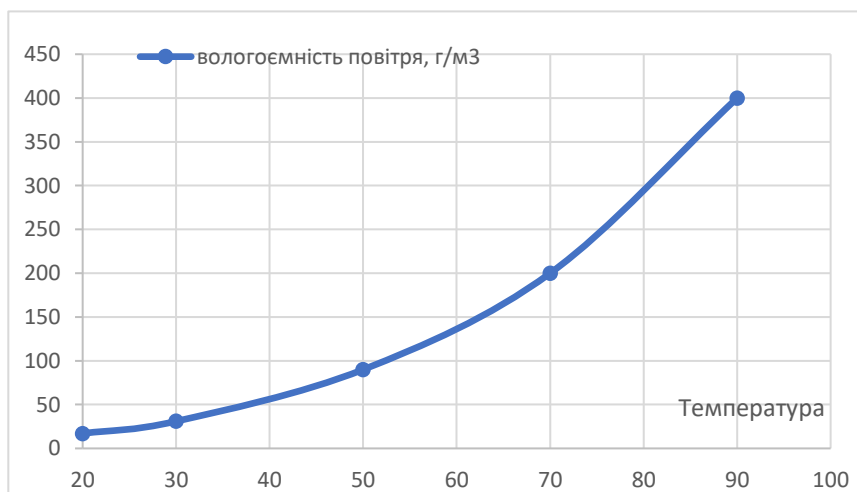


Рисунок 5.1 – Вологість повітря в залежності від температури

При конвективному сушінні зерно, залежно від типу зерносушарки, перебуває в нерухомому (камерні зерносушарки), малорухомому (шахтні) та падаючому (рециркуляційні) стані. Сушка зерна в щільному нерухомому шарі дещо відрізняється від процесу, що спостерігається в щільному малорухливому шарі (шахтні зерносушарки). Однак загальні закономірності щодо кінетики сушіння приблизно однакові.

Експериментальна установка. Для проведення лабораторної роботи застосовуємо сушильну лабораторну установку для сушки зерна САЛ, що дозволяє висушувати зернову сировину конвективним способом в щільному шарі при фіксованій температурі.



Послідовність виконання роботи

За два-три дні до проведення лабораторної роботи необхідно зволожити зерно до заданої вологості. Для рівномірного розподілу вологості по всій масі зерна його зволожують наступним чином. Зважують зразок сухого зерна і визначають його вологість в сушильній шафі за стандартною методикою. Потім розраховують кількість води W , яку необхідно додати до навішування, щоб отримати задану вологість зерна.

При ретельному перемішуванні в зернову масу протягом першого дня додають воду невеликими порціями. Зволожене зерно ставлять в холодильник або термостат і зберігають при температурі $3 \dots 5^\circ \text{C}$ два дні. Протягом цього періоду зерно ретельно перемішують два-три рази на день. Перед початком досвіду вологість вихідного зерна w_1^0 визначають за стандартною методикою.

Поміщають задану наважку зерна в патрон сушильної установки і включають її і фіксують час початку сушіння. Через кожні 5 хвилин вимірюють вологість досліджуваних зразків зерна і їх температуру.

Вологість зерна W_i^0 перераховують на абсолютну вологість W_i^c за формулою

$$w_i^c = \frac{100w_i^0}{100 - w_i^0}, \% \quad (5.1)$$

дані Θ , τ , W_i^0 і W_i^c записують в таблицю 5.1.

За даними таблиці будують графічні залежності:

$w_c = f(\tau)$ - криву сушіння.

$\Theta = f(w)$ - криву температури нагріву зерна,

$dw / d\tau = f(w)$ - крива швидкості сушіння

Усереднену криву сушіння будують так, щоб вона проходила по експериментальних точках. При цьому відкидають точки, які мають явно невірні значення (значно віддалені від усередненої кривої). Таким же чином отримують

криву температури нагріву зерна. Криву швидкості сушки будують, виходячи з отриманої залежності зміни вологості в часі (кривої сушки). Для цього використовують прийоми графічного диференціювання вихідної кривої.

Таблиця 5.1 - Експериментальні дані для побудови кривих сушіння.

№ вимір у	Час, хв	Температура зерна, ОС	Вологість зерна, %	Абсолютна вологість зерна, %
.....				

Існує два методи графічного диференціювання:

- метод дотичних ;
- метод відрізків.

Метод дотичних полягає в наступному. Вихідну криву розбивають на n приблизно рівних відрізків (не менше 12). Отримують n точок на кривій сушіння. У кожній точці проводять дотичну і отримують відрізки a на осі ординат і відрізків b на осі абсцис. Швидкість сушіння (% / хв) в кожній точці чисельно дорівнює тангенсу кута нахилу дотичної до осі абсцис:

$$m_i = \frac{dw_i^c}{d\tau_i} = \operatorname{tg} \alpha_i = \frac{a_i}{b_i}. \quad (5.2)$$

Величини a і b потрібно брати не в лінійних одиницях, а відповідно до прийнятого масштабом для вологості і часу, тобто A у відсотках на суху масу, b в хвилинах. За отриманими даними будують криву швидкості сушіння в координатах: -швидкість сушіння $dw / d\tau$ - вологість зерна w^c

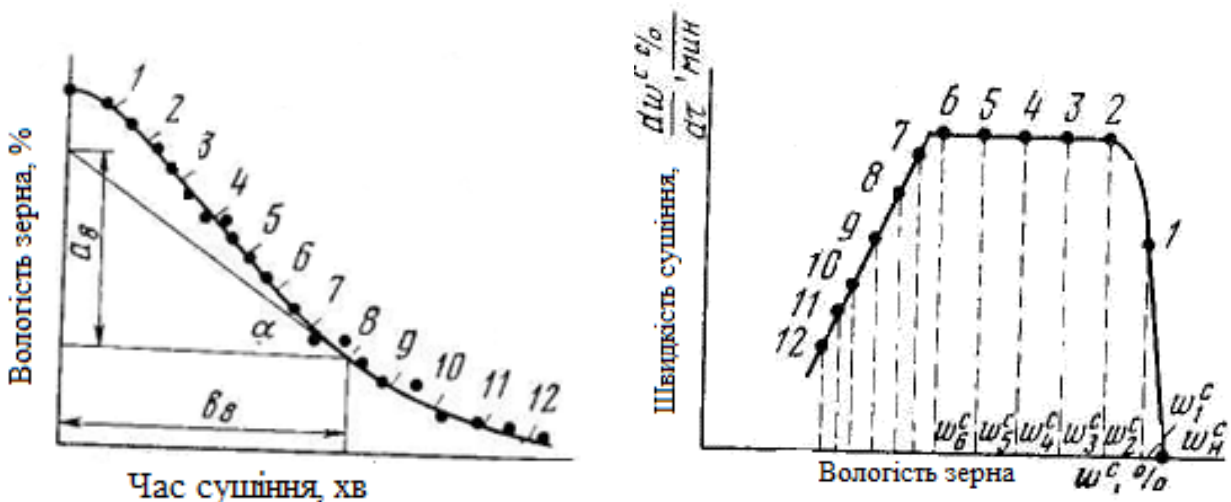


Рис. 5.2. Графічне диференціювання кривої сушіння методом дотичних: а - крива сушіння з дотичній в точці 8; б - крива швидкості сушіння.

Можна знаходити швидкість сушіння t і за методом відрізків. При використанні методу відрізків вихідну криву сушіння, так само як і в першому випадку, розбивають на n приблизно рівних відрізків. Швидкість сушіння визначають не для точок 1, 2, ... n , а для відрізків 1', 2' й т. Д. У межах кожного відрізка знаходять різницю по вологості і часу, а також середню вологість. Потім розраховують швидкість сушіння для кож

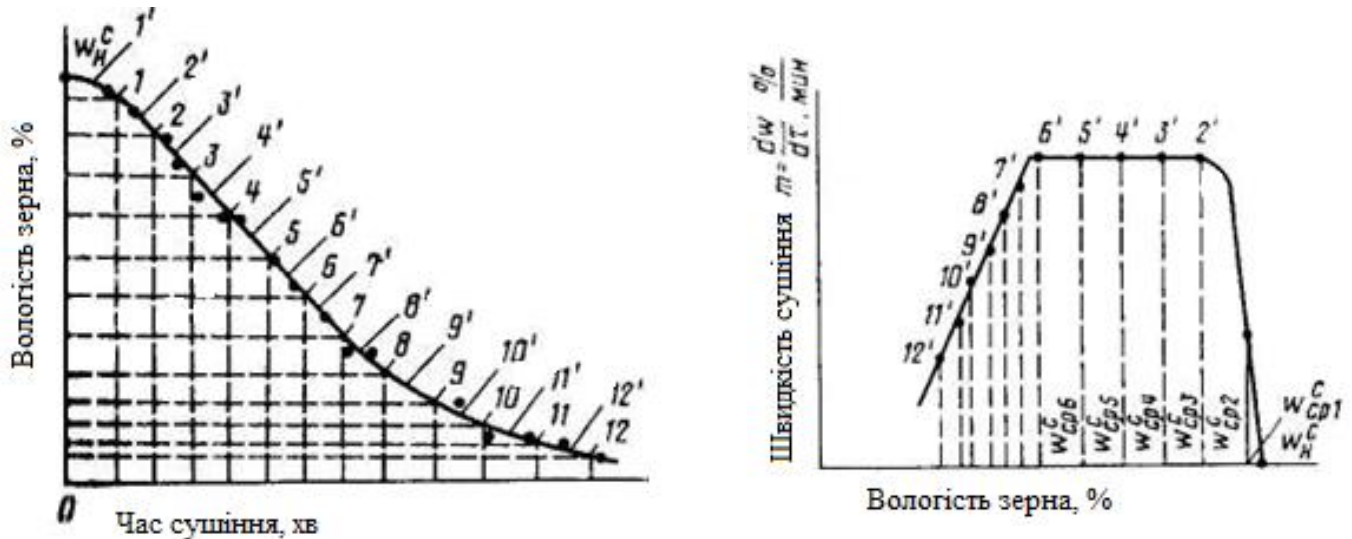


Рис. 5.3. Графічне диференціювання кривої сушки методом відрізків
а - крива сушіння; б - крива швидкості сушіння.



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Порядок побудови кривої сушіння.
2. Криву температури нагріву зерна, як будується.
3. Крива швидкості сушіння методом відрізків.
4. Крива швидкості сушіння методом дотичних.

Активне вентилявання зерна

Теоретична інформація.



Активне вентилявання полягає в інтенсивному примусовому продуванні атмосферного повітря через нерухому насип зерна. Його застосовують для збереження якості сирого та вологого зерна, запобігання розвитку плісняви та шкідників хлібних запасів. В окремих випадках його використовують для прискорення процесу післязбирального дозрівання, вирівнювання температури і вологості зернової маси. Під впливом активного вентилявання змінюється повітря в міжзернових проміжках насипу. За інтенсивністю та характером руху повітря в насипу розрізняють пасивне і активне, безперервне і переривчасте вентилявання.

Активне, або примусове, вентилявання зерна характеризується інтенсивним повітрообміном у насипу. Його здійснюють за допомогою установок з вентиляторами. Сучасні вентилятори, що поставляються сільському господарству, дозволяють успішно проводити активне вентилявання зернових насипів висотою до 5-6 м в складах, на майданчиках і в бункерах. Вентилювання може бути безперервним або переривчастим. У випадку переривчастого вентилявання періоди активного продування чергуються з періодами зберігання зерна без продування. Таке вентилявання є перспективним з технологічної точки зору, оскільки дозволяє зекономити електроенергію та знизити витрати на обробку зерна.

Залежно від призначення вентилявання поділяють на:

- профілактичне (для збагачення киснем повітря у міжзернових проміжках, вирівнювання температури і вологості в зерновому насипі, усунення комірною запаху, збереження життєздатності насіння, а також запобігання утворенню осередків самозігрівання);
- для охолодження (для зниження температури зерна нижче плюс 10⁰С з метою гальмування фізіологічних та мікробіологічних процесів);
- для проморожування (температуру зерна знижують нижче 0⁰С при цьому зерно перебуває в анабіозному стані, з досить низьким рівнем життєдіяльності);
- для сушіння (вентилювання з цією метою дозволяє провести повільно та м'яке випаровування вологи) ;
- для післязбирального досягання зерна (насіння) (для пришвидшення

цього процесу, що призведе до збільшення енергії проростання і схожості насіння, крім того для збереження життєздатності насіння його періодично вентилюють, у процесі тривалого зберігання);

- для ліквідації самозигрівання (проводять шляхом швидкого охолодження зерна в будь-який період доби незалежно від погодних умов з урахуванням виду самозигрівання, конструкції зерносховища, вентиляційного обладнання);

- для дегазації зернових мас (для зниження кількості залишку фуміганту в зерні).

Ефективність вентилявання залежить від температури і вологості використаного повітря, вологості зерна та його температури. Найважливішими є загальна кількість повітря, що нагнітається в зернову масу, та обсяг повітря за певний період.

Повітряний потік, що проходить через зернову масу, має різноманітний технологічний вплив на зерно. Під його впливом змінюється газовий склад повітря у проміжках між зерном, температура і вологість зерна, а також інтенсивність фізіологічних і мікробіологічних процесів у зерновій масі.

Під час вентилявання зернової маси, зміна температури зерна призводить до зміни його вологості. Перш ніж розпочати процес вентилявання, необхідно переконатися, що це можливо та доцільно з урахуванням погодних умов і стану зерна. Для цього вимірюють температуру та вологість повітря, а також зерна, що підлягає вентиляванню, визначають рівноважну вологість зерна за цих умов, і порівнюють її з фактичною вологістю зерна. Крім того, визначають необхідний обсяг подачі повітря та тривалість процесу вентилявання. Недостатній подач повітря може призвести до нерівномірного розподілу вологості у зерновій масі, що може збільшити час необхідний для завершення процесу.

На хлібоприймальних підприємствах для визначення вологості повітря найчастіше користуються психрометрами (рис.6.1).

При оцінці вологості повітря за даними сухого і вологого термометрів, а також

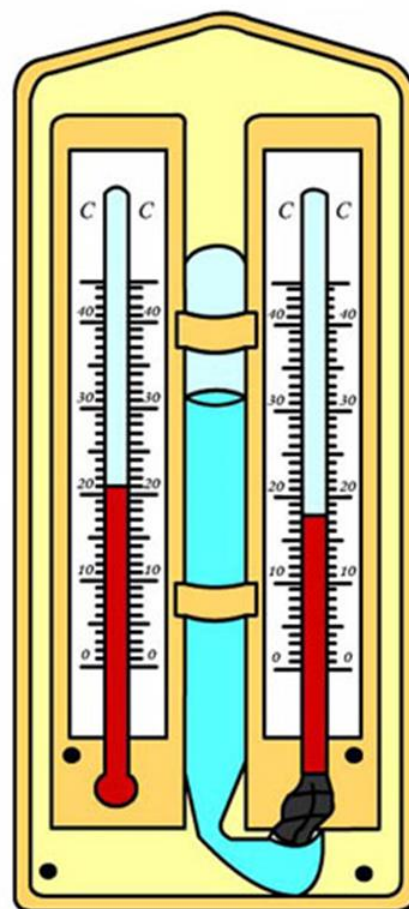


Рисунок 6.1 – Принципова схема психрометра

урахуванні можливості та доцільності проведення вентиляювання зерна, а також при визначенні рівноважної вологості зерна різних культур, використовують спеціальні номограми або таблиці. Активне вентиляювання атмосферним повітрям здійснюють лише у випадках, коли фактична вологість зерна перевищує рівноважну на 1% і більше. Тільки в разі самозігрівання зернової маси необхідно проводити активне вентиляювання незалежно від відносної вологості повітря.

З огляду на коливання температури і вологості повітря протягом доби, рекомендується проводити вентиляювання не менше 4 разів за добу (в 1, 7, 13 та 19 годин).

Активне вентиляювання повинно відповідати встановленим режимам для кожної культури. Під режимом активного вентиляювання розуміється оптимальне поєднання основних параметрів обробки зерна повітряним потоком, що забезпечує найкращий економічний ефект. Серед таких параметрів варто відзначити питому подачу повітря, тривалість охолодження, висоту зернового насипу, частоту вентиляювання та інші.

Пріоритетом для вентиляювання є:

- а) менш стійкі культури, такі як зерно бобових та насіння олійних культур;
- б) насіннева продукція;
- в) для прискорення післязбирального дозрівання зерна та насіння.

Основні завдання, які виконує виробнича технологічна лабораторія зернового складу під час активного вентиляювання та охолодження зерна, включають:

- Вимірювання вологості і температури зерна до початку та після вентиляювання. Результати контролю якості зерна фіксуються у журналі за встановленою формою.
- Визначення можливості та тривалості вентиляювання зерна.
- Оцінка зараженості зернових культур шкідниками до та після вентиляювання.
- Перевірка ведення журналу обліку роботи установок активного вентиляювання для підсушування зерна або такого самого журналу для охолодження зерна.



Послідовність виконання роботи

1. Визначити вологість і температуру представленої культури електричним і теплофізичних методами. Отримані дані занести в табл. 6.1.

Таблиця 6 1 – Характеристика зерна, що досліджується

№ варіанта	Найменування культури	Вологість, %		температура, ° С
		СЕШ	електровологоміра	
1	пшениця			
2	жито			
3	ячмінь			
4	овес			
5	кукурудза			
6	просо			
7	рис (нешелушений)			
8	соя			
9	горох			
10	соняшник			

2. Визначити температура сухого і мокрого термометра психрометра. Для цього тканину мокрого термометра психрометра змочити за допомогою піпетки дистильованою водою. При змочуванні вода не повинна потрапляти на термометр і на внутрішню поверхню його кожуха. Воду потрібно брати кімнатної температури. Включити вентилятор психрометра і стежити за показаннями термометра. Коли показання термометрів встановляться (через 4-5 хвилин), провести з точністю до десятих часток градуса відлік температур сухого і мокрого термометрів.

3. Визначити відносну вологість повітря за показаннями мокрого термометра і різниці показань сухого і мокрого термометрів психрометра (табл. 6.3).

Визначити рівноважну вологість зерна в залежності від відносної вологості повітря і температури зерна (табл. 6.2, 6.3).

Зіставити фактичну вологість зерна з рівноважної (рівноважну вологість визначають за найнижчою температурі зерна в насипу).

Рівноважна вологість зерна, відповідна відносній вологості атмосферного повітря і температурі зерна, повинна бути менше початкової вологості зерна, щоб уникнути його зволоження

Зробити висновки про роботу.

П р и к л а д . Вологість пшениці 18%, температура зерна 20 ° С, температура сухого термометра 18 ° С, мокрого 16 ° С. За свідченнями мокрого термометра (16 ° С) і різниці показань сухого і мокрого термометрів (2 ° С) визначають відносну вологість повітря (80%). При відносній вологості повітря 80% і температурі зерна 20 ° С рівноважна вологість пшениці дорівнює 16%. Отже, вентилувати зерно вологістю 18% в цих умовах можна.

Значення рівноважної вологості, %

Відношення вологості повітря в%	Рівноважна вологість, %																								
	пшениці					жита і ячменю					вівса					кукурудзи					проса				
	при температурі зерна в °С																								
	-10	0	10	20	30	-10	0	10	20	30	-10	0	10	20	30	-10	0	10	20	30	-10	0	10	20	30
20	9,1	8,7	8,3	7,8	7,4	9,2	8,9	8,6	8,3	7,8	8,4	7,8	7,2	6,7	6,2	9,8	9,4	8,8	8,2	7,9	9,1	8,7	8,2	7,8	7,2
25	9,8	9,4	9,0	8,5	8,1	10,0	9,7	9,3	8,9	8,4	8,9	8,4	7,9	7,4	7,1	10,4	9,9	9,4	8,8	8,4	9,8	9,5	8,9	8,5	8,0
30	10,5	10,1	9,6	9,2	8,8	10,8	10,4	10,0	9,5	9,0	9,6	9,1	8,6	8,2	7,9	11,0	10,5	10,0	9,4	9,0	10,6	10,2	9,6	9,1	8,7
35	11,1	10,7	10,3	10,0	9,5	11,4	11,0	10,7	10,2	9,7	10,3	9,8	9,3	8,8	8,3	11,5	11,0	10,6	10,0	9,5	11,3	11,0	10,4	9,8	9,5
40	11,6	11,2	10,9	10,7	10,2	11,9	11,6	11,3	10,9	10,4	11,0	10,5	10,0	9,4	8,7	12,0	11,6	11,2	10,7	10,1	12,1	11,7	11,1	10,5	10,2
45	12,2	11,8	11,5	11,3	10,8	12,4	12,2	11,9	11,6	10,9	11,8	11,2	10,6	10,1	9,2	12,5	12,1	11,7	11,3	10,6	12,5	12,1	11,6	11,0	10,6
50	12,7	12,4	12,0	11,8	11,4	12,9	12,7	12,5	12,2	11,5	12,3	11,8	11,3	10,7	9,8	13,0	12,7	12,3	11,9	11,2	12,9	12,5	12,1	11,6	11,0
55	13,2	12,9	12,6	12,4	11,9	13,5	13,3	13,1	12,8	12,1	12,7	12,3	11,9	11,3	10,7	13,5	13,2	12,9	12,5	11,8	13,4	13,0	12,6	12,1	11,5
60	13,7	13,5	13,3	13,1	12,5	14,1	13,9	13,7	13,5	12,8	13,3	12,9	12,5	12,0	11,6	14,1	13,8	13,5	13,2	12,4	14,0	13,6	13,2	12,7	12,1
65	14,5	14,2	14,4	13,7	13,2	15,1	14,8	14,6	14,3	13,5	14,4	14,0	13,6	13,2	12,7	15,0	14,7	14,4	14,0	13,1	14,8	14,4	14,0	13,5	12,8
70	15,3	15,0	14,7	14,3	14,0	16,1	15,7	15,5	15,2	14,3	15,6	15,2	14,8	14,4	13,8	15,9	15,6	15,3	14,9	13,9	15,6	15,2	14,7	14,3	13,6
75	16,2	15,8	15,5	15,1	14,8	17,4	17,0	16,7	16,3	15,4	17,1	16,6	16,1	15,6	15,0	16,9	16,6	16,3	15,9	14,9	15,6	16,1	15,6	15,1	14,4
80	17,1	16,7	16,3	16,0	15,7	18,7	18,3	17,9	17,4	16,5	18,5	17,9	17,3	16,8	16,2	17,9	17,6	17,3	16,9	15,9	17,6	17,1	16,6	15,9	15,3
85	19,4	18,9	18,4	18,0	17,5	20,5	20,1	19,6	19,1	18,4	19,8	19,3	18,8	18,3	17,6	19,2	18,8	18,5	18,0	17,1	18,6	18,1	17,6	17,1	16,5
90	21,7	21,2	20,5	20,0	19,3	22,4	21,9	21,4	20,8	20,3	21,1	20,7	20,3	19,9	19,0	20,5	20,1	19,7	19,2	18,3	19,5	19,1	18,7	18,3	17,7

Віднос на вологі сть повітр я в%	рівноважна вологість																			
	рису (нешелушеного)					сої					гороху					соняшнику				
	при температурі зерна в °С																			
	-10	0	10	20	30	-10	0	10	20	30	-10	0	10	20	30	-10	0	10	20	30
20	8,6	8,2	7,9	7,5	7,1	6,0	5,8	5,6	5,4	5,0	9,5	9,1	8,7	8,2	7,8	5,3	5,1	4,9	4,7	4,3
25	9,4	9,0	8,6	8,3	7,8	6,5	6,3	6,1	5,9	5,3	10,2	9,8	9,4	8,9	8,5	5,4	5,2	5,0	4,8	4,7
30	10,3	9,9	9,5	9,1	8,5	7,2	6,9	6,6	6,4	5,7	11,0	10,4	10,0	9,5	9,2	5,5	5,3	5,1	4,9	4,8
35	10,9	10,5	10,1	9,7	9,3	7,6	7,3	7,0	6,7	6,1	11,7	11,3	10,9	10,6	10,1	5,7	5,5	5,3	5,1	4,9
40	11,5	11,1	10,7	10,3	10,0	8,0	7,7	7,4	7,1	6,4	12,5	12,1	11,8	11,6	11,1	5,8	5,6	5,5	5,3	5,0
45	12,2	11,7	11,2	10,8	10,4	8,7	8,2	7,7	7,5	6,8	13,2	12,8	12,5	12,3	11,8	6,2	6,0	5,8	5,5	5,2
50	12,8	12,3	11,8	11,3	10,9	9,1	8,7	8,3	8,0	7,2	13,7	13,3	13,0	12,8	12,4	6,7	6,3	6,0	5,7	5,5
55	13,3	12,8	12,3	11,9	11,4	9,5	9,2	8,9	8,7	8,0	14,2	13,9	13,6	13,4	12,9	7,2	6,9	6,6	6,3	5,9
60	13,7	13,3	12,9	12,5	11,9	9,8	9,7	9,6	9,5	8,9	14,7	14,5	14,3	14,1	13,5	7,7	7,5	7,3	7,0	6,3
65	14,3	13,9	13,5	13,1	12,5	11,1	10,8	10,5	10,2	9,7	15,5	15,2	15,0	14,7	14,2	8,1	7,8	7,6	7,3	6,8
70	14,9	14,5	14,1	13,7	13,1	12,3	11,9	11,5	11,0	10,6	16,3	16,0	15,7	15,3	15,0	8,5	8,2	7,9	7,5	7,2
75	16,0	15,5	15,0	14,5	13,9	14,4	14,0	13,6	13,1	12,5	17,2	16,8	16,5	16,1	15,8	9,2	8,9	8,5	8,2	7,6
80	17,3	16,6	15,9	15,2	14,7	16,7	16,2	15,7	15,3	14,5	18,1	17,7	17,3	17,0	16,7	9,9	9,5	9,3	9,1	8,5
85	18,6	17,9	17,2	16,4	15,9	19,1	18,8	18,5	18,1	17,3	20,4	19,9	19,4	19,0	18,5	10,3	10,7	10,4	10,1	9,8
90	20,0	19,2	18,4	17,6	17,1	21,8	21,5	21,2	20,9	20,1	22,7	22,2	21,5	21,0	20,3	12,3	11,9	11,6	11,3	11,0

П р и м і т к а . Значення рівноважної вологості по всіх культурах, за винятком гороху та соняшнику, при температурі 0, 20 і 30°C і відносній вологості 20, 30, 40, 60, 70, 80 і 90% наведено за даними І.Я. Бахарєва, інші показники отримані шляхом інтерполяції і екстраполяції табличних значень. За гороху і соняшнику наведено орієнтовні дані.

Таблиця 6.3. -Значення для визначення відносної вологості повітря

Температура по мокрому термометру в °С	Різниця показань сухого і мокрого термометрів в °С																			
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5
-10	91	75	58	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-8	92	78	64	51	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-6	94	82	69	58	46	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-4	96	85	73	63	53	45	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-2	98	88	78	69	60	52	44	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	100	90	81	73	64	57	50	43	36	31	26	20	16	11	7	3	-	-	-	-
1	100	90	82	74	66	59	52	45	39	33	29	23	18	15	11	7	-	-	-	-
2	100	90	83	75	67	61	54	47	42	36	31	26	23	18	14	10	-	-	-	-
3	100	90	83	76	69	63	56	49	44	39	34	29	26	21	17	13	10	-	-	-
4	100	91	84	77	70	64	57	51	46	41	36	32	28	24	20	16	14	11	-	-
5	100	91	85	78	71	65	59	54	48	43	39	34	30	27	23	19	17	13	10	-
6	100	92	85	78	72	66	61	56	50	45	41	35	33	29	26	22	19	16	13	10
7	100	92	86	79	73	67	62	57	52	47	43	39	35	31	28	25	22	18	15	12
8	100	92	86	80	74	68	63	58	54	49	45	41	37	33	30	27	25	21	18	15
9	100	93	86	81	75	70	65	60	55	51	47	43	39	35	32	29	27	24	21	18
10	100	94	87	82	76	71	66	61	57	53	48	45	41	38	34	31	28	26	23	21
11	100	94	88	82	77	72	67	62	58	55	50	47	43	40	36	33	30	28	25	23
12	100	94	89	82	78	73	68	63	59	56	52	48	44	42	38	35	32	30	27	25
13	100	94	89	83	78	73	69	64	61	57	53	50	46	43	40	37	34	32	29	27
14	100	94	89	83	79	74	70	66	62	58	54	51	47	45	41	39	36	34	31	29
15	100	94	89	84	80	75	71	67	63	59	55	52	49	46	43	41	37	35	33	31
16	100	95	90	84	80	75	72	67	64	60	57	53	50	48	44	42	39	37	34	32
17	100	95	90	84	81	76	73	68	65	61	58	54	52	49	46	44	40	39	36	34
18	100	95	90	85	81	76	74	69	66	62	59	56	53	50	47	45	42	40	37	35
19	100	95	91	85	82	77	74	70	66	63	60	57	54	51	48	46	43	41	39	37
20	100	95	91	86	82	78	75	71	67	64	61	58	55	53	49	47	44	43	40	38
21	100	95	91	86	83	79	76	71	68	65	63	59	56	54	51	49	46	44	41	39
22	100	95	91	87	83	79	76	72	69	65	63	60	57	55	52	50	47	45	42	40
23	100	96	91	87	83	80	76	72	69	66	63	61	58	56	53	51	48	46	43	41
24	100	96	92	88	84	80	77	73	70	67	64	62	59	56	53	52	49	47	44	42
25	100	96	92	88	84	81	77	74	70	68	65	63	59	58	54	52	50	47	45	44



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Фізичний смисл відносної вологості повітря.
2. Що таке критична вологість зерна?
3. Що таке рівноважна вологості зерна?
4. Як вимірювати відносну вологість повітря.
5. Принцип будови психрометра.

Розрахунково-графічна робота

Розрахунок експлуатаційної продуктивності технологічних і транспортуючих ліній хлібоприймального елеватора

Теоретична інформація



Продуктивність лінії визначається продуктивністю лімітуючого обладнання, яке має найнижчу продуктивність із обладнання, що входить до складу лінії.

Продуктивність лінії буває:

- теоретична (Π_T);
- технічна (Π);
- експлуатаційна (Π_e).

Теоретична продуктивність визначає кількість зерна, яке може обробити і переробити лінія за одиницю часу при її безперервній і безперебійній роботі в режимі, що забезпечує необхідний технологічний ефект. В елеваторній промисловості її встановлюють по зерну пшениці, яка призначена на продовольчі цілі, з натурою 750 кг/м^3 , W до 17% і кількістю сміттєвих домішок до 5%. Ці умови прийняті за базові (за 1). При відхиленнях від цих умов теоретична продуктивність обладнання, що входить до складу лінії, визначається за формулою

$$\Pi_T = \Pi_T^1 \cdot K_K \cdot K_B \cdot K_Z \cdot K_H, \text{ т/добу} \quad (1)$$

де Π_T і Π_T^1 – теоретична продуктивність обладнання при обробці зерна відповідно фактичної і базової якості;

K_K – коефіцієнт, що враховує зміну продуктивності обладнання в залежності від культури;

K_B – коефіцієнт, що враховує зміну продуктивності обладнання в залежності від вологості зерна;

K_Z – коефіцієнт, що враховує зміну продуктивності обладнання в залежності від засміченості зерна;

K_H – коефіцієнт, що враховує зміну продуктивності сушарок і сепараторів в залежності від призначення зерна;

- для продовольчого зерна $K_H=1$,
- для насіннєвого зерна, пивоварного ячменю і кукурудзи, що іде на кондитерські вироби – $K_H=0,5$.

Місткість силосів і бункерів для оперативної роботи із зерном різних культур визначається за формулою

$$E = \frac{E_{\Pi}}{K_P}, \text{ т} \quad (2)$$

де E – місткість ємкості з врахуванням культури, що розміщується, т;

E_{Π} – місткість ємкості теоретична (по паспорту), т;

K_p – коефіцієнт місткість ємкості в залежності від культури зерна.

Технічна продуктивність визначає середню кількість зерна, яку може обробити і перемістити лінія за визначений період часу, що включає:

- час, який витрачено безпосередньо на обробку і переміщення зерна (T_M),
- час простоїв лінії у зв'язку з ремонтом обладнання, пов'язаних з його відказами ($T_{отк}$) та плановим обслуговуванням ($T_{рп}$).

Технічна продуктивність лінії (Π) визначається за формулою

$$\Pi = \Pi_T \cdot \frac{T_M}{T_M + T_{отк} + T_{рп}}, \text{ т/ГОД} \quad (3)$$

Втрати часу, що пов'язані з простоями лінії в зв'язку з відказами обладнання за визначений період її роботи, визначається за формулою

$$T_{отк} = T(1 - K_r), \text{ год} \quad (4)$$

де T – період часу, за який визначається продуктивність лінії, год.; K_r – коефіцієнт готовності лінії, який визначає її надійність і встановлюється в залежності від кількості одиниць обладнання лінії.

Втрати часу, які пов'язані з технічним обслуговуванням лінії, визначаються за формулою

$$T_{рп} = (T - 70) \cdot 0,08, \text{ год.} \quad (5)$$

де 70 – період часу між терміном обслуговування лінії, год.;

0,08 – співвідношення між часом, який необхідно для одного обслуговування (5,6 год.) і періодом часу між обслуговуваннями ($5,6 : 70 = 0,08$).

Втрати часу на технічне обслуговування лінії ($T_{рп}$) враховують при визначенні продуктивності за період часу не менше ніж за декаду.

Технічне обслуговування обладнання лінії потрібно проводити в той проміжок часу, коли операції із зерном ведуться в обмеженому об'ємі, і суміщати його із зупинками лінії при переході з однієї партії зерна на іншу тощо.

Експлуатаційна продуктивність визначає середню кількість зерна, яку може обробити і перемістити лінія за визначений період часу:

- час, затрачений безпосередньо на обробку і переміщення зерна (T_M),
- час простоїв лінії, пов'язаний з відказами обладнання ($T_{отк}$) і його плановим обслуговуванням ($T_{рп}$)
- та час простою по організаційним причинам (T_o), які характеризують реальні умови експлуатації лінії на підприємстві.

$$\Pi_E = \Pi_T \frac{T_M}{T_M + T_{отк} + T_{рп} + T_o}, \text{ т/ГОД} \quad (6)$$

Частину втрат часу по організаційним причинам (T_0^1) передбачається попередньо і розраховується з достатньою точністю.

До цих витрат відносяться втрати часу, які пов'язані:

- з нормованою нерівномірністю доставки і відвантаження зерна на елеваторі,
- з підготовчо-завершальними операціями, які існують при переключенні маршрутів руху зерна, коли обробляють і переміщують різноякісні партії зерна,
- при організації завантаження і розвантаження автомобілів і вагонів (різне співвідношення по вантажопід'ємності автотранспорту, типу вагонів, кількості вагонів у подачі тощо).

Нерівномірність надходження на лінію зерна автотранспортом враховують **коефіцієнтом зниження експлуатаційної продуктивності** рівним

- 0,6 (при розрахунках на зміну або добу роботи лінії)
- 0,4 (при розрахунках на декаду або період заготівель).

Втрати часу на підготовчо-завершальні операції при розвантаженні автотранспорту включають час на заїзд автомобіля, вихід водія, відкривання бортів, відключення автомобілерозвантажувача, з'їзд автомобіля і складають 0,03 години.

При встановленні в лінії двох і більше одиниць одного виду обладнання, що працює паралельно (два автомобілерозвантажувача на одному приймальному конвеєрі, спарені сепаратори або зерносушарки), в розрахунку приймається їх сумарна продуктивність.

Розрахунок експлуатаційної продуктивності виконується і оформлюється у вигляді відповідних таблиць, наведених у прикладах. Курсивом позначені дані, що є прикладом розрахунків відповідного до наведеного завдання для прикладу.

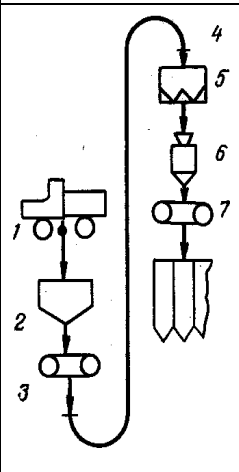
1. ПРИЙМАННЯ ЗЕРНА З АВТОТРАНСПОРТУ – РОЗТАШУВАННЯ В СИЛОСАХ



Таблиця 1- Завдання для виконання розрахунків у прикладі

<i>Культура</i>	<i>Кількість партій на лінію</i>	<i>Вологість, %</i>	<i>Засміченість, %</i>	<i>Марка автомобілерозвантажувача</i>	<i>Продуктивність норіята конвеєрів, т/год</i>	<i>Вантажопідійомність автомобіля, т</i>	<i>Модель силосу</i>
<i>Ячмінь Пшениця</i>	<i>2</i>	<i>18</i>	<i>3,5</i>	<i>ГУАР -30</i>	<i>175</i>	<i>8</i>	<i>ВВК.11.12.В12</i>

Таблиця 2 – Характеристика маршруту

Технологічна схема елеватора для приймання та розміщення зерна	Характеристика маршруту			
	Назва обладнання	Марка	Продуктивність обладнання, т/год	Продуктивність обладнання, яке лімітує роботу лінії, т/год
	1. Автомобілерозвантажувач	ГУАР-30	114,66	
	2. Приймальний бункер.	№26		
	3. Приймальний конвеєр	№1	84,7	84,7
	4. Норія основна.	№2	84,7	84,7
	5. Надваговий бункер.	Є-20		
	6. Ваги.			
	7. Надсилосний конвеєр.	ВВК.11.12.	84,7	84,7
	8. Силос.	В12		


Таблиця 3- Визначення експлуатаційна продуктивність лінії

Розрахункові дані	Позначення	Чисельне значення та розрахунок	Порядок визначення
Продуктивність автомобілерозвантажувача, т/год	Пт	140	Встановлюється для визначеної марки в залежності від середньої вантажопідйомності автомобілів по додатку 2
Технічна продуктивність автомобілерозвантажувача, т/год $K_{вз}=0,9$ $K_n = 0,91$		$=140*0,9*0,91 = 114,66$	з урахуванням вологості та засміченості зерна ($K_{вз}$) (дод.2) та числа партій, що надходять (K_n) (дод. 3)
Продуктивність транспортуючого обладнання (конвеєрів, норій), т/год	Пт	175	

Продуктивність норій і конвеєрів залежно від культури, вологості і засміченості зерна що транспортується, т/год <ul style="list-style-type: none"> • Для пшениці • Для ячменя 		162 130	Встановлюється в залежності від культури, вологості та засміченості зерна по дод. 4
Технічна продуктивність транспортуючого обладнання (конвеєрів, норій), т/год $K_n=0,58$		$= (162+130)/2 * 0,58$ $= 84,7$	з урахуванням числа партій, що надходять (Кп) (дод. 5)
Продуктивність обладнання, яке лімітує роботу лінії, т/год	Птл	84,7	Встановлюється по найменшій продуктивності обладнання з числа, що входить в маршрут
Період роботи лінії за зміну (добу), год	Т	8	Встановлюється начальником елеватора
Коефіцієнт готовності лінії	Кг	0,9	Встановлюється, виходячи з числа одиниць обладнання та ємностей маршруту по дод. 1
Розрахункова експлуатаційна продуктивність лінії, т <ul style="list-style-type: none"> • за зміну • за добу 	Пре	$0,6 * 84,7 * 8 * 0,9 = 365,9$ $0,6 * 84,7 * 24 * 0,9 = 1097,7$	Визначається за формулою: $Пре = 0,6 * Птл * Т * Кг$

2. ПРИЙМАННЯ ЗЕРНА З АВТОТРАНСПОРТУ – ПІСЛЯЗБИРАЛЬНЕ ОБРОБЛЕННЯ (попереднє очищення, сушіння, очищення) – РОЗТАШУВАННЯ В СИЛОСАХ

Таблиця 4- Завдання для виконання розрахунків у прикладі

 Культура	Кількість партій на лінію	Вологість, %	Засміченість, %	Марка автомобіля ерозвантажувача	Продуктивність норій та конвеєрів, т/год	Вантажопідйомність автомобіля, т	Сепаратор	Модель силосу
Ячмінь	1	13,5	11,5	ABC-50	175	8	ЗСМ-100	ВВК.11.12 .В12

$K_n = 1$			партій, що надходять (Кн) (дод. 3)
Продуктивність транспортуючого обладнання (конвеєрів, норій), т/год	ПТ ₂	175	
Продуктивність норій і конвеєрів залежно від культури, вологості і засміченості зерна що транспортується, т/год • Для ячменя		120	Встановлюється в залежності від культури, вологості та засміченості зерна по дод. 4
Технічна продуктивність транспортуючого обладнання (конвеєрів, норій), т/год $K_n=1$		= 120	з урахуванням числа партій, що надходять (Кп) (дод. 5)
Продуктивність технологічного обладнання (ворохоочишувачів, зерносушарок, сепараторів), т/год	ПТ ₃	44	Встановлюється в залежності від типу обладнання, культури, вологості та засміченості зерна по дод. 6,7,8, і 9.
Продуктивність обладнання, яке лімітує роботу лінії, т/год	ПТЛ	44	Встановлюється по найменшій продуктивності обладнання з числа, що входить в маршрут
Період роботи лінії за зміну (добу), год	Т	12	Встановлюється начальником елеватора
Коефіцієнт готовності лінії	КГ	0,85	Встановлюється, виходячи з числа одиниць обладнання та ємностей маршруту по дод. 1
Час на одиничне перемикання маршруту при переході з партії на партію, год	тп	0,5	Встановлюється для зерносушарки або сепаратора по дод. 1.
Число партій зерна, що обробляється за зміну (добу)	N	1	Встановлюється за даними ВТЛ начальником елеватора

Розрахункова експлуатаційна продуктивність лінії, т <ul style="list-style-type: none"> • за зміну • за добу 	Пре	$0,6*44,0*[12*0,85-0,5*(1-1)]J=269,3$ $0,6*44,0*[24*0,85-0,5*(1-1)]J=538,6$	Визначається за формулою: $Пре=0,6*П_{тл}*[Т*К_{г-тп}*(N-1)]$
---	-----	--	--

3. ПРИЙМАННЯ ЗЕРНА З АВТОТРАНСПОРТУ – ВІДВАНТАЖЕННЯ В ВАГОНІ



Таблиця 7- Завдання для виконання розрахунків у прикладі

Культура	Кількість партій на лінію	Вологість, %	Засміченість, %	Марка автомобілерозвантажувача	Продуктивність норіи конвеєрів, т/год	Вантажопідйомність автомобіля, т	Кількість груп вагонів, шт	Кількість вагонів у групі, шт
Пшениця	1	14	2,8	У15-УРВС ГУАР-30	175	8	3	6

Відвантаження зерна в вагони планується через надсилосний конвеєр самопливом по трубах ЛД-5.

Таблиця 8 – Характеристика маршруту

Технологічна схема елеватора для приймання та розміщення зерна	Характеристика маршруту			
	Назва обладнання	Марка	Продуктивність обладнання, т/ год	Продуктивність обладнання, яке лімітує роботу лінії, т/год
	1. Автомобілерозвантажувач.	У15-УРВС	140	
	2. Автомобілерозвантажувач.	ГУАР-30	140	
	3. Приймальний бункер.		175	
	4. Приймальний конвеєр.		175	
	5. Приймальний конвеєр №1		175	
	6. Норія основна №1		175	
	7. Надваговий бункер.		175	
	8. Ваги Є-20 №2.	Є-20		
	9. Надсилосний конвеєр №9.		175	
	10.Завантажувальний пристрій	ЛД-5	130	130

Таблиця 9- Визначення експлуатаційна продуктивність лінії

Розрахункові дані	Позначення	Чисельне значення та розрахунок	Порядок визначення
Продуктивність автомобілерозвантажувачів, т/год <ul style="list-style-type: none"> • У15-УРВС • ГУАР-30 	ПТ ₁	140 140	Встановлюється для визначеної марки в залежності від середньої вантажопідйомності автомобілів по додатку 2
Технічна продуктивність автомобілерозвантажувача, т/год <i>K_{вз} = 1</i> <i>K_н = 1</i>		= 140 + 140 = 280	з урахуванням вологості та засміченості зерна (К _{вз}) (дод.2) та числа партій, що надходять (К _н) (дод. 3) (дивись примітку)
Продуктивність транспортуючого обладнання (конвеєрів, норій), т/год	ПТ ₂	175	
Продуктивність норій і конвеєрів залежно від культури, вологості і засміченості зерна що транспортується, т/год <ul style="list-style-type: none"> • Для пшениці 		175	Встановлюється в залежності від культури, вологості та засміченості зерна по дод. 4
Технічна продуктивність транспортуючого обладнання (конвеєрів, норій), т/год <i>K_н = 1</i>		= 175	з урахуванням числа партій, що надходять (К _п) (дод. 5)
Продуктивність пристроїв для завантаження зерна в вагони, т/год	ПТ ₃	130	Встановлюється в залежності від продуктивності транспортуючого обладнання (за паспортом), культури зерна і типу пристрою для завантаження зерна в вагони дод. 10

Продуктивність обладнання, яке лімітує роботу лінії, т/год	Птл	130	Встановлюється по найменшій продуктивності обладнання з числа, що входить в маршрут
Період роботи лінії за зміну (добу), год	Т	12	Встановлюється начальником елеватора
Коефіцієнт готовності лінії	Кг	0,9	Встановлюється, виходячи з числа одиниць обладнання та ємностей маршруту по дод. 1
Продуктивність обладнання, яке лімітує роботу лінії з урахуванням нерівномірності надходження зерна автотранспортом (Кч=0,6) і готовності лінії (Кг), т/год	Пле	$0,6*130*0,90=70,2$	Визначається за формулою: $Пле=0,6*Плт*Кг$
Період завантаження однієї групи вагонів, год	Тг	5,6	Встановлюється, виходячи з визначеної Пле та числа вагонів в групі (пв) за графіком дод.11
Число груп вагонів, що подаються на завантаження за зміну (добу)	п	3	Встановлюється за даними залізничної станції
Період завантаження кількох груп вагонів, год	Тпг	$3*5,6+(3-1)*0,17=17,1$	Встановлюється виходячи з числа груп (п) та періоду завантаження кожної групи (Тг) за формулою: $Тпг=n*Тг+(n-1)*0,17$
Число замін груп вагонів за зміну, год	пз	$8*3/17,1-1=0,4$ приймається одна заміна за зміну	Встановлюється виходячи з числа груп (п), періоду їх завантаження (Тпг) і періоду роботи лінії (Т): $Nз=T*n/Тпг-1$ Отримане значення округлюється до цілого в більшу сторону

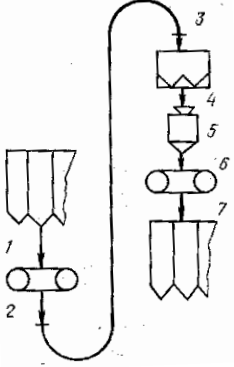
Розрахункова експлуатаційна продуктивність лінії, т <ul style="list-style-type: none"> • за зміну • за добу 	Пре	$70,2(8-0,17*1)=549,7$ Тому що $T_{пг} > T$ $70,2*3*5,6=1179,4$ Тому що $T_{пг} < T$	Визначається: а) при $T_{пг} < T$ за формулою: $Пре = Пле * n * Tг$ б) при $T_{пг} > T$: $Пре = Пле (T - 0,17nз)$
---	-----	---	--

4. ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗЕРНА З СИЛОСУ В СИЛОС

Таблиця 10- Завдання для виконання розрахунків у прикладі

Культура	Кількість партій на лінію	Вологість, %	Засміченість, %	Продуктивність норії та конвеєрів, т/год	Вид керування транспортними лініями	Модель силосу
Жито	1	14,5	4	175	диспетчерське автоматизоване	ВВК.22.14.В12

Таблиця 11 – Характеристика маршруту

Технологічна схема елеватора для приймання та розміщення зерна	Характеристика маршруту			
	Назва обладнання	Марка	Продуктивність обладнання, т/год	Продуктивність обладнання, яке лімітує роботу лінії, т/год
	1. Силоси №111, 112	Є-20	158	158
	2. Підсилосний конвеєр №4		158	158
	3. Норія основна №2.		158	158
	4. Надваговий бункер.		158	158
	5. Ваги №2.			
	6. Надсилосний конвеєр №10			
	7. Силоси №221, 222			

Таблиця 12- Визначення експлуатаційна продуктивність лінії

Розрахункові дані	Позначення	Чисельне значення та розрахунок	Порядок визначення
Продуктивність транспортуючого обладнання, т/год <ul style="list-style-type: none"> • Підсилосний конвеєр • Норія основна • Надсилосний конвеєр 	Пт ₁	175 175 175	Встановлюється для визначеної марки відповідно до завдання
Технічна продуктивність транспортуючого обладнання, т/год <ul style="list-style-type: none"> • Для жита 	Пт ₂	=158	з урахуванням вида зерна, його вологості та засміченості (дод.4)
Продуктивність обладнання, яке лімітує роботу лінії, т/год	Птл	158	Встановлюється по найменшій продуктивності обладнання з числа, що входить в маршрут
Період роботи лінії за зміну (добу), год	T	8 (24)	Встановлюється начальником елеватора
Час на одиничне переключення маршруту <ul style="list-style-type: none"> • диспетчерське автоматизоване управління обладнанням, засувками і клапанами 	тп	0,05	При переміщенні партії в наступний силос та автоматизованому керуванні обладнанням та довжині маршруту до 100 м (дод. 1)
Коефіцієнт готовності лінії (при 7 одиницях обладнання в маршруті)	Кг	0,9	Встановлюється, виходячи з числа одиниць обладнання та ємностей маршруту по дод. 1
Проектна місткість силосу, т <ul style="list-style-type: none"> • по пшениці (при об'ємній масі 0,8 т/м³) 	Епр	5638	Встановлюється за характеристикою силосів (дод. 12)
Місткість елеватора, що заповнюється зерном даної партії <ul style="list-style-type: none"> • Для жита 	Е	=1,1*5638=6202	Визначається з урахуванням коефіцієнтів місткості силосів і бункерів для

			різних культур (Кр) (дод. 1)
Розрахункова експлуатаційна продуктивність лінії, т <ul style="list-style-type: none"> • за зміну • за добу 	Пре	$=158*8(0,90-158/6202*0,05)=1136$ $=158*24(0,90-158/6202*0,05)=3408$	Визначається за формулою: $Пре=ПмлТ(Кг-Пмл/Еtn)$

5. ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗЕРНА З СИЛОСУ В СИЛОС З ОБРОБЛЕННЯМ (СУШІННЯ, ОЧИЩЕННЯ)



Таблиця 13- Завдання для виконання розрахунків у прикладі

Культура	Кількість партій на лінію	Вологість, %	Засміченість, %	Продуктивність норії та конвеєрів, т/год	Зерносушарка	Модель силосу
Пшениця	1	21,5	2,5	175	ДСП32	ВВК.22.14.В12

Таблиця 14 – Характеристика маршруту

Технологічна схема елеватора для приймання та розміщення зерна	Характеристика маршруту			
	Назва обладнання	Марка	Продуктивність обладнання, т/год	Продуктивність обладнання, яке лімітує роботу лінії, т/год
	1. Силоси №111, 112			
	2. Підсилосний конвеєр №4 (175 т/год).		147	
	3. Норія основна №1 (175 т/год).		147	
	4. Надваговий бункер.			
	5. Ваги №2.	Є-20		
	6. Конвеєр №13 (175 т/год).		147	
	7. Надсушильний бункер №22, 23.			
	8. Зерносушарки №1 та 2	ДСП-32	54	54

	9. Підсушильний бункер №24, 25. 10. Конвеєр №12 (175 т/год). 11. Норія основна №2 (175 т/год). 12. Надваговий бункер. 13. Ваги №2. 14. Надсилосний конвеєр №11 (175 т/год). 15. Силоси № 221, 222,	Є-20	147 147 147	
--	--	------	-------------------	--

Таблиця 15- Визначення експлуатаційна продуктивність лінії

Розрахункові дані	Позначення	Чисельне значення розрахунок	Порядок визначення
Продуктивність транспортуючого обладнання, т/год <ul style="list-style-type: none"> • Підсилосний конвеєр • Норія основна • Надсилосний конвеєр • Конвеєр 	ПТ ₁	175 175 175 175	Встановлюється для визначеної марки відповідно до завдання
Технічна продуктивність транспортуючого обладнання, т/год <ul style="list-style-type: none"> • Для пшениці 	ПТ ₂	=147	З урахуванням вида зерна, його вологості та засміченості (дод.4)
Технічна продуктивність зерносушарки	ПТ ₃	=27+27=54	З урахуванням вида зерна, його вологості та засміченості (дод.9)
Продуктивність обладнання, яке лімітує роботу лінії, т/год	ПТ _л	54	Встановлюється по найменшій продуктивності обладнання з числа, що входить в маршрут
Період роботи лінії за зміну (добу), год	T	12	Встановлюється начальником елеватора
Коефіцієнт готовності лінії (при 20 одиницях обладнання в маршруті)	Кг	0,8	Встановлюється, виходячи з числа одиниць обладнання та ємностей маршруту по дод. 1

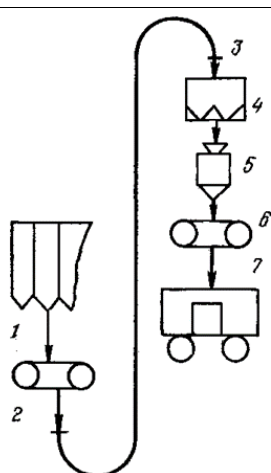
Число партій зерна, що оброблюються за зміну (добу)	N	I	Встановлюється за даним ВТЛ начальником елеватора.
Час на одиничне переключення маршруту при переході з партії на партію, год • для зерносушарок	tn	6	(дод.1)
Розрахункова експлуатаційна продуктивність лінії, т • за зміну • за добу	Пре	$=54*12*0,80-6(1-1)$ $=518,4$ $=54*24*0,80-6(1-1)$ $=1036,8$	Визначається за формулою: $Пре=Птл[ТКг-tn(N-1)]$

6. ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗЕРНА З СИЛОСІВ – ВІДВАНТАЖЕННЯ В ВАГОНИ

Таблиця 16- Завдання для виконання розрахунків у прикладі

Культура	Кількість партій на лінію	Вологість, %	Засміченість, %	Продуктивність норії та конвеєрів, т/год	Пристрій для завантаження вагонів	Кількість груп вагонів	Кількість вагонів у групі, шт	Модель силосу
Овес	1	13,5	3	175	ЛД-5	3	8	ВВК.22.14.В12

Таблиця 17 – Характеристика маршруту

Технологічна схема елеватора для приймання та розміщення зерна	Характеристика маршруту			
	Назва обладнання	Марка	Продуктивність обладнання, т/год	Продуктивність обладнання, яке лімітує роботу лінії, т/год
	1. Силоси №213, 214, 215, 216. 2. Підсилосний конвеєр №6 (175 т/год). 3. Норія основна №3 (175 т/год). 4. Надваговий бункер. 5. Ваги Є-20 №2. 6. Надсилосний конвеєр №11 (175 т/год). 7. Завантажувальний пристрій ЛД-5	Є-20	105 105 105 78	78


Таблиця 18- Визначення експлуатаційна продуктивність лінії

Розрахункові дані	Позначення	Чисельне значення та розрахунок	Порядок визначення
Продуктивність транспортуючого обладнання, т/год <ul style="list-style-type: none"> • Підсилосний конвеєр • Норія основна • Надсилосний конвеєр 	ПТ ₁	175 175 175	Встановлюється для визначеної марки відповідно до завдання
Технічна продуктивність транспортуючого обладнання, т/год <ul style="list-style-type: none"> • Для вівса 	ПТ ₂	=105	З урахуванням вида зерна, його вологості та засміченості (дод.4)
Продуктивність пристроїв для завантаження зерна в вагони, т/год	ПТ ₃	=78	Встановлюється в залежності від продуктивності транспортуючого обладнання (за паспортом), культури зерна і типу пристрою для завантаження зерна в вагони дод. 10
Продуктивність обладнання, яке лімітує роботу лінії, т/год	ПТ _л	78	Встановлюється по найменшій продуктивності обладнання з числа, що входить в маршрут
Період роботи лінії за зміну (добу), год	Т	8	Встановлюється начальником елеватора
Коефіцієнт готовності лінії (при 7 одиницях обладнання в маршруті)	Кг	0,9	Встановлюється, виходячи з числа одиниць обладнання та ємностей маршруту по дод. 1
Число груп вагонів, що подаються на завантаження за зміну (добу) <ul style="list-style-type: none"> • числа вагонів в групі (пв) 	п пв	3 8	Встановлюється за даними залізничної станції
Період завантаження однієї групи вагонів, год <ul style="list-style-type: none"> • визначається за лімітуючою продуктив- 	Тг	7,3	Встановлюється, виходячи з визначеної П _{ле} та числа вагонів в

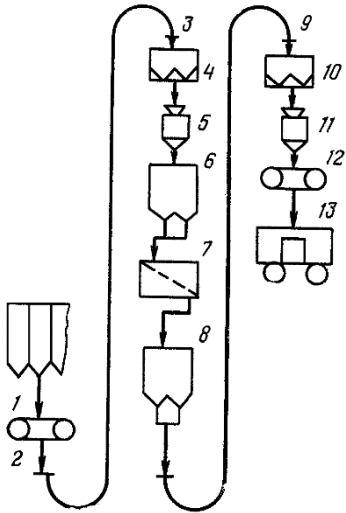
ністю (Плт) з урахуванням коефіцієнта готовності • $P_m^l * K_z, \text{ т/год}$		$=78*0,90=70,2$	групі (nв) за графіком дод.11
Період завантаження кількох груп вагонів, год	$T_{пг}$	$=3*7,3+(3-1)*0,17=22,2$	Встановлюється виходячи з числа груп (n) та періоду завантаження кожної групи (T_g) за формулою: $T_{пг} = nT_g + (n-1)*0,17$
Число замін груп вагонів за зміну, год	n_z	$=8*3/22,2 - 1 = 0,08$ приймається одна заміна за зміну	Встановлюється виходячи з числа груп (n), періоду їх завантаження ($T_{пг}$) і періоду роботи лінії (T): $N_z = T_{пг} / T_g - 1$ Отримане значення округлюється до цілого в більшу сторону
Розрахункова експлуатаційна продуктивність лінії, т • за зміну ($T_{пг} > T$) • за добу ($T_{пг} < T$)	$P_{ре}$	$=78*0,90*(8*0,17*1) = 549,7$ $=78*0,90*3*7,3 = 1537,4$	Визначається: а) при $T_{пг} < T$ за формулою: $P_{ре} = P_{лт} * K_z * n * T_g$ б) при $T_{пг} > T$: $P_{ре} = P_{лт} * K_z * (T - 0,17 * n_z)$

7. ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗЕРНА З СИЛОСІВ – ОБРОБЛЕННЯ (СУШІННЯ, ОЧИЩЕННЯ) – ВІДВАНТАЖЕННЯ В ВАГОНИ

Таблиця 19- Завдання для виконання розрахунків у прикладі

 Культура	Вологість, %	Засміченість, %	Продуктивність норії та конвеєрів, т/год	Сепаратор	Пристрій для завантаження вагонів	Кількість груп вагонів, шт	Кількість вагонів у групі, шт	Модель силосу
Пшениця	14,0	6,5	175	ЗСМ-100	ЛД-5	4	4	ВВК.22.14.В 12

Таблиця 20 – Характеристика маршруту

Технологічна схема елеватора для приймання та розміщення зерна	Характеристика маршруту			
	Назва обладнання	Марка	Продуктивність обладнання, т/год	Продуктивність обладнання, яке лімітує роботу лінії, т/год
	1. Силоси №111, 112, 113.			
	2. Підсилосний конвеєр №4 (175 т/год).		162	
	3. Норія основна №1 (175 т/год).		162	
	4. Надваговий бункер.	Є-20		
	5. Ваги №2			
	6. Надсепараторний бункер №11-13.			
	7. Сепаратор.	ЗСМ-100	60	60
	8. Підсепараторний бункер №1-3.			
	9. Норія основна №2 (175 т/год).		162	
	10. Надваговий бункер.	Є-20		
	11. Ваги №2			
	12. Надсилосний конвеєр №9 (175 т/год).		162	
	13. Завантажувальний пристрій	ЛД-5	130	

Таблиця 21- Визначення експлуатаційна продуктивність лінії


Розрахункові дані	Позначення	Чисельне значення розрахунок та	Порядок визначення
Продуктивність транспортуючого обладнання, т/год	ПТ ₁		Встановлюється для визначеної марки відповідно до завдання
<ul style="list-style-type: none"> • Підсилосний конвеєр • Норія основна • Надсилосний конвеєр 		175 175 175	

Технічна продуктивність транспортуючого обладнання, т/год • Для пшениці	Пт ₂	=162	З урахуванням вида зерна, його вологості та засміченості (дод.4)
Продуктивність технологічного обладнання (ворохоочишувачів, сепараторів), т/год • Для пшениці	Пт ₃	60	Встановлюється в залежності від типу обладнання, культури, вологості та засміченості зерна по дод. 6,7,8.
Продуктивність пристроїв для завантаження зерна в вагони, т/год	Пт ₃	=130	Встановлюється в залежності від продуктивності транспортуючого обладнання (за паспортом), культури зерна і типу пристрою для завантаження зерна в вагони дод. 10
Продуктивність обладнання, яке лімітує роботу лінії, т/год	Птл	60	Встановлюється по найменшій продуктивності обладнання з числа, що входить в маршрут
Період роботи лінії за зміну (добу), год	Т	12	Встановлюється начальником елеватора
Коефіцієнт готовності лінії (при 13 одиницях обладнання в маршруті)	Кг	0,85	Встановлюється, виходячи з числа одиниць обладнання та ємностей маршруту по дод. 1
Число груп вагонів, що подаються на завантаження за зміну (добу) • числа вагонів в групі (пв)	п пв	4 4	Встановлюється за даними залізничної станції
Період завантаження однієї групи вагонів, год • визначається за лімітуючою продуктивністю (Плт) з урахуванням коефіцієнта готовності • $P_m^* \cdot K_g$, т/год	Тг	5,3 =60*0,85=51,0	Встановлюється, виходячи з визначеної Плт та числа вагонів в групі (пв) за графіком дод.11
Період завантаження кількох груп вагонів, год	Тпг	=4*5,3+(4-1)*0,17=21,71	Встановлюється виходячи з числа груп (п) та періоду

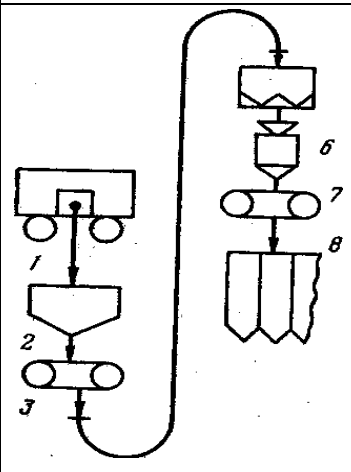
			завантаження кожної групи (Тг) за формулою: $Tn2 = nT2 + (n-1)*0,17$
Число замін груп вагонів за зміну, год При періоді завантаження подачі (Тнг), що перевищує тривалість зміни (Т), визначаємо число замін груп вагонів (пз) за зміну (Т=12 год)	пз	$= 12 * 4 / 21,7 - 1 = 1,21$	Встановлюється виходячи з числа груп (п), періоду їх завантаження (Тнг) і періоду роботи лінії (Т): $Nз = Tn / Tn2 - 1$ Отримане значення округлюється до цілого в більшу сторону
Розрахункова експлуатаційна продуктивність лінії, т <ul style="list-style-type: none"> • за зміну (Тнг > Т) • за добу (Тнг < Т) 	Пре	$= 60 * 0,85 * (12 - 0,17 * 2) = 594,7$ $= 60 * 0,85 * 4 * 5,3 = 1081,2$	Визначається: а) при Тнг < Т за формулою: $Пре = Плм * Кз * n * Тз$ б) при Тнг > Т: $Пре = Плм * Кз * (Т - 0,17 * пз)$

8. ПРИЙМАННЯ ЗЕРНА З ВАГОНІВ – РОЗТАШУВАННЯ В СИЛОСАХ

Таблиця 22- Завдання для виконання розрахунків у прикладі

 Культура	Вологість, %	Засміченість, %	Продуктивність норію та конвеєрів, т/год	Пристрій для розвантаження вагонів	Кількість груп вагонів, шт	Кількість вагонів у групі, шт	Модель силосу
Пшениця	13,5	7,5	175	ВРГ	2	10	ВВК.22.14.В12

Таблиця 23 – Характеристика маршруту

Технологічна схема елеватора для приймання та розміщення зерна	Характеристика маршруту			
	Назва обладнання	Марка	Продуктивність обладнання, т/год	Продуктивність обладнання, яке лімітує роботу лінії, т/год
	1. Вагонорозвантажувач	ВРГ	131	131
	2. Приймальний бункер.		162	
	3. Приймальний конвеєр №3 (175 т/год).	Є-20	162	162
	4. Норія основна №2 (175 т/год).		162	
	5. Надваговий бункер.	Є-20	162	162
	6. Ваги Є-20 №2		162	
	7. Надсилосний конвеєр №9 (175 т/год).	Є-20	162	162
	8. Силоси №121, 122, 123.		162	

Таблиця 24- Визначення експлуатаційна продуктивність лінії

Розрахункові дані	Позначення	Чисельне значення розрахунок	Порядок визначення
Продуктивність транспортуючого обладнання, т/год <ul style="list-style-type: none"> Норія основна Надсилосний конвеєр 	ПТ ₁	175 175 175	Встановлюється для визначеної марки відповідно до завдання
Технічна продуктивність транспортуючого обладнання, т/год <ul style="list-style-type: none"> Для пшениці 	ПТ ₂	=162	З урахуванням вида зерна, його вологості та засміченості (дод.4)
Продуктивність пристрою для розвантаження зерна з вагонів, т/год <ul style="list-style-type: none"> Для пшениці 	ПТ ₃	131	Встановлюється в залежності від продуктивності транспортуючого обладнання (за паспортом), культури зерна і типу

			вагонорозвантажувача дод. 10
Продуктивність обладнання, яке лімітує роботу лінії, т/год	Птл	131	Встановлюється по найменшій продуктивності обладнання з числа, що входить в маршрут
Період роботи лінії за зміну (добу), год	T	8	Встановлюється начальником елеватора
Коефіцієнт готовності лінії (при 8 одиницях обладнання в маршруті)	Кг	0,9	Встановлюється, виходячи з числа одиниць обладнання та ємностей маршруту по дод. 1
Число груп вагонів, що подаються на завантаження за зміну (добу) • числа вагонів в групі (пв)	n пв	2 10	Встановлюється за даними залізничної станції
Період завантаження однієї групи вагонів, год • визначається за лімітуючою продуктивністю (Плт) з урахуванням коефіцієнта готовності • $P_m^l * K_g, \text{ т/год}$	Tг	6,0 $=131*0,90=117,9$	Встановлюється, виходячи з визначеної Пле та числа вагонів в групі (пв) за графіком дод.11
Період завантаження кількох груп вагонів, год	Tпг	$=2*6,0+(2-1)*0,17=12,17$	Встановлюється виходячи з числа груп (n) та періоду завантаження кожної групи (Tг) за формулою: $T_{пг} = nT_г + (n-1)*0,17$
Число замін груп вагонів за зміну, год При періоді завантаження подачі (Tпг), що перевищує тривалість зміни (T), визначаємо число замін груп вагонів (пз) за зміну (T=8 год)	пз	$=8*2/12,17 - 1=0,31$	Встановлюється виходячи з числа груп (n), періоду їх завантаження (Tпг) і періоду роботи лінії (T): $N_з = T_n / T_{пг} - 1$ Отримане значення округлюється до цілого в більшу сторону
Розрахункова експлуатаційна продуктивність лінії, т • за зміну (Tпг>T)	Пре		Визначається: а) при Tпг<T за формулою: $Пре = Плт * K_g * n * T_г$

<ul style="list-style-type: none"> • за добу ($T_{пг} < T$) 	$= 131 * 0,90 * (8 - 0,17 * 1) = 932,2$ $= 131 * 0,90 * 2 * 6,0 = 1414,8$	б) при $T_{пг} > T$: $P_{pe} = P_{лм} * K_2 * (T - 0,17 * n_3)$
--	---	---



Послідовність виконання роботи

1. Вихідні дані для проведення розрахунку встановлюються відповідно до варіанту та оформлюється у відповідності з переліком, наведеним в формі 1.

Форма 1

Перелік вихідних даних	Чисельне значення	Порядок визначення
1. Характеристика партій зерна, що направляються на лінію: культура вологість вихідна, % вологість кінцева, % вміст відділюваної домішки (смітцевої та зернової), % призначення партії число партій, що направляються на лінію за зміну (добу)		Встановлюється по даним ВТЛ, попередній оцінці якості зерна в господарствах, товарно-транспортних накладних
2. Період роботи лінії за зміну (добу), год		Встановлюється начальником елеватора
3. Число одиниць обладнання і емностей маршруту		Встановлюється по схемі складеного маршруту
4. Продуктивність транспортуючого обладнання (за паспортом), т/год		Встановлюється за технічним паспортом обладнання
5. Марка та продуктивність технологічного обладнання (за паспортом), т/год		Встановлюється за технічним паспортом обладнання і схемі складеного маршруту
6. Середня вантажопідйомність автомобілів та автопоїздів з зерном, т		Встановлюється як співвідношення об'єму зерна, що надійшло за попередню добу, до кількості автомобілів
7. Марка автомобілерозвантажувача		Встановлюється за переліком обладнання маршруту
8. Марка вагонорозвантажувача		Те ж саме
9. Тип пристрою для відвантаження зерна в вагони		Те ж саме

10. Тип вагонів (загального призначення – ЗВ або вагони-зерновози – ВЗ)		Встановлюється за даними залізничної станції
11. Число вагонів в групі		Те ж саме
12. Число груп в подачі		Те ж саме

2. Виконати розрахунок експлуатаційної продуктивності технологічних і транспортуючих ліній хлібоприймального елеватора згідно з завданням для восьми типів технологічних і транспортуючих ліній, які включають наступні операції:
 - ▲ Приймання зерна з автотранспорту – розташування в силосах
 - ▲ Приймання зерна з автотранспорту – післязбиральне оброблення (попереднє очищення, сушіння, очищення) – розташування в силосах.
 - ▲ Приймання зерна з автотранспорту – відвантаження в вагони.
 - ▲ Переміщення зерна з силосу в силос.
 - ▲ Переміщення зерна з силосу в силос з обробленням (сушіння, очищення)
 - ▲ Переміщення зерна з силосу в силос – відвантаження в вагони.
 - ▲ Переміщення зерна із силосів – оброблення (сушіння, очищення) – відвантаження в вагони.
 - ▲ Приймання зерна з вагонів – розміщення в силосах.
3. Оформити у вигляді відповідних таблиць.

Варіанти звадань

Номер варіанту	Культура	Кількість партій на лінію	Вологість, %	Засміченість, %	Марка автомобіля розвантажувача	Продуктивність норії та конвеєрів, т/год	Вид керування транспортними лініями	Вантажопідйомність автомобіля, т	Сепаратор	Зерношарка	Пристрій для розвантаження вагонів	Пристрій для завантаження вагонів	Кількість груп вагонів, шт	Кількість вагонів у групі, шт	Модель силосу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Пшениця	3	16,0	2,8	ABC-50	175	диспетчерське / ручне	12	ЗСМ-100	ДСП32	ВРГ	ЛД-5	4	9	ВВК.11.14. В12
2	Жито	2	18,3	4,7	УІ5-УРАГ	100	ручне	18	БЦС-50	ДСП32	У20-УВС	ЛД-5	3	8	ВВК.11.13. В12
3	Ячмінь	1	19,1	10,2	ABC-50М	350	диспетчерське автоматизоване	20	БЛС-100	ДСП64	ВГК-1	ШВЗ	5	7	ВВК.11.12. В12
4	Овес	4	19,2	9,3	ПГА-25	100	диспетчерське / ручне	12	ЗСМ-50	ДСП32	ИРМ Р-3006	ЛД-5	2	6	ВВК.11.11. В12
5	Кукурудза	1	22,8	5,3	ГУАР-І5С	100	диспетчерське / ручне	8	БЛС-50	ДСП32	Механічна лопата	ЛД-5	6	5	ВВК.11.10. В12
6	Пшениця	2	15,2	8,4	ABC-50	175	ручне	16	БІС-100	ДСП64	ВРГ	ЛД-5	7	4	ВВК.11.9.В12
7	Жито	3	18,8	5,6	УІ5-УРАГ	175	диспетчерське / ручне	18	ЗСМ-100	ДСП64	У20-УВС	ШВЗ	8	3	ВВК.11.8.В12
8	Ячмінь	3	18,3	7,9	ABC-50М	350	диспетчерське автоматизоване	20	БЦС-100	ДСП64	ВГК-1	ШВЗ	9	2	ВВК.16.16. В12

9	Овес	2	19,8	6,3	ГУАР-30	175	диспетчер ське автомати зоване	18	БІС-50	ДСП32	ИРМ Р-3006	ЛД-5	8	9	ВВК.16.15. В12
10	Кукуруд за	3	15,9	3,2	ГУАР-І5С	100	ручне	6	БЦС-50	ДСП32	Механічна лопата	ЛД-5	7	8	ВВК.16.14. В12
11	Пшени ця	4	18,9	7,0	УІ5-УРАГ	175	диспетчер ське / ручне	14	БЛС-100	ДСП64	ВРГ	ШВЗ	6	7	ВВК.16.13. В12
12	Жито	5	16,3	12,4	АВС-50М	350	диспетчер ське автомати зоване	16	БІС-100	ДСП64	У20- УВС	ЛД-5	5	6	ВВК.16.12. В12
13	Ячмінь	2	19,2	3,9	АВС-50	175	ручне	14	ЗСМ-100	ДСП32	ВГК-1	ШВЗ	4	5	ВВК.16.11. В12
14	Овес	6	16,2	6,8	ГУАР-І5С	100	диспетчер ське / ручне	8	ЗСМ-50	ДСП32	ИРМ Р-3006	ШВЗ	3	4	ВВК.16.10. В12
15	Кукуруд за	3	21,2	3,7	ПГА-25	100	ручне	10	БЦС-50	ДСП32	Механічна лопата	ЛД-5	2	3	ВВК.18.16. В12
16	Пшени ця	1	17,4	5,7	ГУАР-30	175	диспетчер ське автомати зоване	12	БЛС-100	ДСП64	ВРГ	ЛД-5	5	2	ВВК.18.15. В12
17	Жито	3	21,7	5,3	АВС-50	350	диспетчер ське автомати зоване	16	БІС-100	ДСП64	У20- УВС	ШВЗ	6	4	ВВК.18.14. В12
18	Ячмінь	1	16,8	6,9	УІ5-УРАГ	175	диспетчер ське / ручне	20	ЗС-100	ДСП32	ВГК-1	ЛД-5	7	3	ВВК.18.13. В12
19	Овес	2	15,9	7,0	ПГА-25	100	ручне	8	БІС-50	ДСП32	ИРМ Р-3006	ЛД-5	8	2	ВВК.18.12. В12
20	Кукуруд за	3	19,0	3,8	ГУАР-30	350	диспетчер ське автомати зоване	18	ЗСМ-100	ДСП64	Механічна лопата	ЛД-5	9	7	ВВК.16.14. В12

Література

1. Спецпроекти / Ефективне використання елеваторів <https://landlord.ua/special-projects/u-naiblyzhchi-5-rokiv-fermery-aktyvno-buduvatymut-elevatory-oleksandr-lavrynychuk/>
2. Техніко-технологічний рівень проекту та його роль у формуванні прибутку елеватора <https://zeo.ua/uk/press-center/bez-rubriki/tehniko-tehnologichnij-riven-proektu-ta-jogo-rol-u-formuvanni-pributku-elevatora>
3. ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови»
4. Національний орган стандартизації ДП «УкрНДНЦ» http://uas.org.ua/wp-content/uploads/2019/06/Daydgest-05_2019-2.pdf
5. Новий стандарт ДСТУ: пшениця. Технічні умови <https://www.growhow.in.ua/novyuy-standart-dstu-pshenytsia-tekhnichni-umovy/>
6. Визначення спор сажки методом мікологічної експертизи зерна пшениці. <https://labimpex.com.ua/a388079-viznachennya-spor-sazhki.html>
7. Зберігання і переробка продукції рослинництва Г. І. Подпрятюв, Л. Ф. Скалецька, А. М. Сеньков, В. С. Хилевич. — К.: Мета, 2002. — 495 с
8. Вентилювання зерна - важливий технологічний процес <https://www.cherk-consumer.gov.ua/novyny/4157-ventyliuvannia-zerna-vazhlyvyi-tekhnologichnyi-protses>

ДОДАТКИ

Коефіцієнти готовності ліній, що включають різне число одиниць обладнання (K_r)

Число одиниць обладнання в лінії	K_r	Число одиниць обладнання в лінії	K_r
До 5 включно	0,95	До 22 включно	0,80
До 10 включно	0,90	До 30 включно	0,75
До 15 включно	0,85	Более 30	0,70

Час, необхідний на одиничне перемикання маршруту руху зерна при переході з партії на партію, год

Характеристика ліній	t_{π}
1. Транспортуючі лінії*:	
пуск обладнання з місця, ручне управління засувками і клапанами	0,20 (0,25)
диспетчерське управління обладнанням і ручне - засувками і клапанами	0,15 (0,20)
диспетчерське автоматизоване управління обладнанням, засувками і клапанами	0,05 (0,10)
2. Технологічні лінії сушіння зерна:	
при сушінні партій зерна однієї культури	6,0
при сушінні партій зерна різних культур	12,0
3. Технологічні лінії очистки зерна:	
при очищенні партій однієї культури	0,5
при очищенні партій різних культур	2,0

*За дужками наведені значення t_{π} для маршрутів руху зерна довжиною до 100 м, в дужках – понад 100 м.

Коефіцієнт місткості силосів і бункерів для різних культур (K_p)

Культура	K_p
Пшениця, кукурудза в зерні, горох, соя	1,0
Жито, просо	1,1
Ячмінь, гречка	1,2
Овес, рис	1,5
Соняшник	2,0

Продуктивність автомобілерозвантажувачів в залежності від середньої
вантажопідйомності автомобілів, т/год

Марка автомобілерозвантажувача	Середня вантажопідйомність автомобілів і автопоїздів, т												
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20
ABC-50, ABC-50M-I, БПФШ-2, БПФШ-3М, У15-УРАГ с ABC-50	90	110	130	145	160	175	185	195	205	220	230	240	250
У15-УРАГ, У15-УРВС, ГУАР-30, ППБ-2СМ-1	80	95	110	125	140	150	160	170	180	195	205	215	220
ПГА-25, ПГА-25М с АРУ-1	105	120	135	145	150	155	160	165	170	175	-	-	-
ГУАР-І5С, ГУАР-І5У	85	105	125	145	165	-	-	-	-	-	-	-	-

Коефіцієнти зміни продуктивності автомобілерозвантажувачів в залежності від вологості і
засміченості розвантажувати зерна ($K_{вз}$)

Вміст віддільної домішки (сміттевої і зернової),%	Вологість зерна, %					
	до 15	понад 15 до 17	понад 17 до 19	понад 19 до 22	понад 22 до 25	понад 25
До 10	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7
Понад 10	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6

Коефіцієнти зниження продуктивності автомобілерозвантажувача в залежності від продуктивності транспортуючого обладнання, числа партій, що надходять на лінію на добу і середньої вантажопідйомності автотранспорту ($K_{п}$)

Число партій, що поступають на лінію за добу (N)	Середня вантажопідйомність автотранспорту (Γ_a) т							
	6	8	10	12	14	16	18	20
Продуктивність транспортуючого обладнання 100 т/год								
2	0,89	0,79	0,74	0,72	0,72	0,71	0,71	0,70
3	0,84	0,73	0,62	0,66	0,66	0,65	0,65	0,64
4	0,81	0,71	0,66	0,64	0,64	0,63	0,63	0,62
5	0,80	0,69	0,64	0,62	0,61	0,61	0,60	0,60
6	0,79	0,67	0,63	0,60	0,59	0,59	0,58	0,58
Продуктивність транспортуючого обладнання 175 т/год								
2	0,95	0,91	0,88	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79
3	0,92	0,88	0,84	0,80	0,77	0,75	0,73	0,72
4	0,90	0,86	0,82	0,78	0,75	0,72	0,70	0,69
5	0,88	0,84	0,80	0,77	0,74	0,71	0,69	0,68
6	0,87	0,83	0,79	0,76	0,73	0,70	0,68	0,67
Продуктивність транспортуючого обладнання 350 т/год								
2	0,98	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,86	0,85
3	0,96	0,93	0,91	0,88	0,86	0,83	0,84	0,83
4	0,94	0,91	0,88	0,86	0,84	0,83	0,82	0,81
5	0,92	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79
6	0,91	0,88	0,86	0,81	0,82	0,80	0,79	0,78

Примітка. При надходженні на лінію однієї партії зерна $K_{п}=1$

Продуктивність норій і конвеєрів залежно від культури, вологості і засміченості зерна що транспортується, т / год

Вміст віддільної домішки (смітної та зернової), %	Паспортна продуктивність, т/год														
	100					175					350				
	Вологість зерна, %														
	до 17	з 17 до 19	з 19 до 22	з 22 до 25	понад 25	до 17	з 17 до 19	з 19 до 22	з 22 до 25	понад 25	до 17	з 17 до 19	з 19 до 22	з 22 до 25	понад 25
Пшениця, кукурудза в зерні															
До 5	100	93	84	75	65	175	162	147	132	114	350	324	294	264	228
Від 5 до 10	92	88	80	72	63	162	153	140	127	110	324	306	280	254	220
Від 10 до 15	85	82	76	70	62	150	143	133	117	107	300	286	266	234	214
Понад 15	80	76	72	67	59	140	134	126	111	103	280	268	252	222	206
Жито, горох, соя															
До 5	90	83	76	67	58	158	146	132	118	102	315	292	264	236	204
Від 5 до 10	82	80	72	65	57	146	138	126	114	109	292	276	252	228	198
Від 10 до 15	77	74	68	63	55	135	129	119	105	96	270	258	238	210	192
Понад 15	72	68	65	60	53	126	120	113	100	93	252	240	226	200	186
Ячмінь, просо															
До 5	80	75	67	60	52	140	130	117	107	91	280	260	234	214	182
Від 5 до 10	74	70	64	58	50	130	122	112	101	88	260	244	224	202	176
Від 10 до 15	69	66	61	58	49	120	114	108	94	85	240	228	216	188	170
Понад 15	64	61	58	54	47	112	107	100	89	82	224	214	200	178	164
Гречка, рис															
До 5	70	65	59	52	46	122	113	103	92	80	244	226	206	184	160
Від 5 до 10	64	61	56	50	44	113	107	98	89	77	226	214	196	178	154
Від 10 до 15	60	57	53	49	43	105	100	93	82	75	210	200	186	164	150
Понад 15	56	53	50	47	41	98	94	88	78	72	196	186	176	156	144
Овес, соняшник															
До 5	60	56	50	45	39	105	97	88	78	68	210	194	176	156	136
Від 5 до 10	55	53	48	43	38	97	92	84	76	66	194	184	168	152	132
Від 10 до 15	52	49	46	42	37	90	86	79	70	64	180	172	158	140	128
Понад 15	48	46	43	40	35	84	80	75	67	62	168	160	150	134	124

Коефіцієнт зниження продуктивності транспортуючого обладнання в залежності від числа партій, що надходять на лінію на добу, і середньої вантажопідйомності автотранспорту (K_n)

Число партій, що надходять на лінію за добу (N)	Середня вантажопідйомність автотранспорту (Г), т							
	6	8	10	12	14	16	18	20
Продуктивність транспортуючого обладнання 100 т/год								
при переміщенні зерна в накопичувальні ємності								
2	0,82	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	0,86
3	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81
4	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78
5	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76
6	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73
при переміщенні зерна в силосний корпус через основні норії								
2	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69
3	0,53	0,55	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68
4	0,47	0,50	0,52	0,55	0,58	0,61	0,63	0,66
5	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64
6	0,41	0,44	0,47	0,50	0,53	0,56	0,59	0,62
Продуктивність транспортуючого обладнання 175 т/год								
при переміщенні зерна в накопичувальні ємності								
2	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84
3	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78
4	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75
5	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72
6	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71
при переміщенні зерна в силосний корпус через основні норії								
2	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64
3	0,46	0,48	0,49	0,51	0,53	0,54	0,56	0,58
4	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54
5	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52
6	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50
Продуктивність транспортуючого обладнання 350 т/год								
при переміщенні зерна в накопичувальні ємності								
2	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79
3	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73
4	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69
5	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67
6	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65
при переміщенні зерна в силосний корпус через основні норії								
2	0,49	0,51	0,52	0,54	0,56	0,57	0,59	0,61
3	0,38	0,40	0,42	0,44	0,45	0,47	0,49	0,50
4	0,34	0,36	0,37	0,38	0,39	0,41	0,42	0,44
5	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36	0,38	0,40	0,42
6	0,28	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,38	0,40

Примітка. При надходження на лінію однієї партії зерна $K_n=1$.

Продуктивність зерноочисних машин для попереднього очищення зерна (ворохоочисник, скальператори) в залежності від культури, вологості і засміченості зерна, що надходить, т/год*

Вміст окремої домішки (смітної та зернової), %	Паспортна продуктивність, т/год							
	50				100			
	Вологість зерна, %							
	до 17	з 17 до 22	з 22 до 25	понад 25	до 17	з 17 до 22	з 22 до 25	понад 25
Пшениця, кукурудза в зерні, горох, соя								
До 5	30	27	24	21	60	54	48	42
Від 5 до 10	27	24	21	18	54	48	42	36
Від 10 до 15	24	21	18	15	48	42	36	30
Жито								
До 5	27	24	22	19	54	49	43	38
Від 5 до 10	24	22	19	16	49	43	38	32
Від 10 до 15	22	19	16	14	43	38	32	27
Ячмінь								
До 5	24	22	19	17	48	43	38	36
Від 5 до 10	22	19	17	14	43	38	34	29
Від 10 до 15	19	17	14	12	38	34	29	24
Овес								
До 5	21	19	17	15	42	38	34	29
Від 5 до 10	19	17	15	13	38	34	29	25
Від 10 до 15	17	15	13	11	34	29	25	21
Соняшник								
До 5	15	14	12	11	30	27	24	21
Від 5 до 10	14	12	11	9	27	24	21	18
Від 10 до 15	12	11	9	8	24	21	18	15
Просо								
До 5	9	8	7	6	18	16	14	13
Від 5 до 10	8	7	6	5	16	14	13	11
Від 10 до 15	7	6	5	5	14	13	11	10
Рис								
До 5	6	5	5	5	12	11	10	10
Від 5 до 10	5	5	5	5	11	10	10	10
Від 10 до 15	5	5	5	5	10	10	10	10

*При розрахунку використано коефіцієнт, що дорівнює 0,6, що враховує зниження продуктивності машини відповідно до Інструкції № 9-5-82 по очищенню зерна.

Продуктивність сепараторів ЗСМ для очищення зерна в залежності від культури, вологості і засміченості зерна, що надходить, т/год*

Вміст віддільної домішки (смітної зернової), %	Паспортна продуктивність, т/год											
	50						100					
	Вологість зерна, %											
	до 15	з 15 до 17	з 17 до 19	з 19 до 22	з 22 до 20	понад 25	до 15	з 15 до 17	з 17 до 19	з 19 до 22	з 22 до 20	понад 25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Пшениця, кукурудза в зерні, горох, соя												
До 10	30	27	24	21	18	15	60	54	48	42	36	30
Від 10 до 15	27	24	21	18	15	12	54	48	42	36	30	24
Від 15 до 20	24	21	18	15	12	9	48	42	36	30	24	18
Понад 20	21	18	15	12	9	6	42	36	30	24	18	12
Жито												
До 10	27	24	22	19	16	13	54	48	44	38	32	36
Від 10 до 15	24	22	19	16	13	11	48	44	38	32	26	22
Від 15 до 20	22	19	16	13	11	8	44	38	32	26	22	16
Понад 20	19	16	13	11	8	5	38	32	26	22	16	10
Ячмінь												
До 10	24	22	18	17	14	12	48	44	36	34	28	24
Від 10 до 15	22	19	17	14	12	10	44	38	34	28	24	20
Від 15 до 20	19	17	14	12	10	7	38	34	28	24	20	14
Понад 20	17	14	12	10	7	5	34	28	34	20	14	10
Овес, гречка												
До 10	21	19	17	15	13	10	42	38	34	30	26	20
Від 10 до 15	19	17	15	13	10	8	38	34	30	26	20	16
Від 15 до 20	17	15	13	10	8	6	34	30	26	20	16	12
Понад 20	15	13	10	8	6	5	30	26	20	16	12	10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Соняшник												
До 10	15	14	12	10	9	8	30	28	24	20	18	16
Від 10 до 15	14	12	10	9	8	6	28	24	20	18	16	12
Від 15 до 20	12	10	9	8	6	5	24	20	18	16	12	10
Понад 20	10	9	8	6	5	5	20	18	16	12	10	10
Просо												
До 10	9	8	7	6	5	5	18	16	14	13	11	10
Від 10 до 15	8	7	6	5	5	5	16	14	13	11	10	10
Від 15 до 20	7	6	5	5	5	5	14	13	11	10	10	10
Понад 20	6	5	5	5	5	5	13	11	10	10	10	10
Рис												
До 10	6	6	5	5	5	5	12	11	10	10	10	10
Від 10 до 15	6	5	5	5	5	5	11	10	10	10	10	10
Від 15 до 20	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10
Понад 20	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10

*При розрахунку використано коефіцієнт, що дорівнює 0,6, що враховує зниження продуктивності машини для очищення зерна відповідно до Інструкції № 9 -5 -6 2 по очищенню зерна.

Продуктивність сепараторів БЦС, БЛС і БІС в залежності від культури, вологості і засміченості зерна, що надходить, т/год*

Вміст віддільної домішки (смітної зернової), % та	Паспортна продуктивність, т/год											
	50						100					
	Вологість зерна, %											
	до 15	з 15 до 17	з 17 до 19	з 19 до 22	з 22 до 20	понад 25	до 15	з 15 до 17	з 17 до 19	з 19 до 22	з 22 до 20	понад 25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Пшениця, кукурудза в зерні, горох, соя												
До 10	40	36	32	28	24	20	80	72	64	56	48	40
Від 10 до 15	36	32	28	24	20	16	72	64	56	48	40	32
Від 15 до 20	32	28	24	20	16	12.	64	56	48	40	32	24
Понад 20	28	24	20	16	12	8	56	48	40	32	24	16
Жито												
До 10	36	32	30	26	22	18	72	64	58	50	42	34
Від 10 до 15	32	30	26	22	18	14	54	58	50	42	34	30
Від 15 до 20	30	26	22	18	14	10	58	50	42	34	30	22
Понад 20	26	22	18	14	10	7	50	42	34	30	22	14
Ячмінь												
До 10	32	30	26	22	18	16	64	58	50	46	38	32
Від 10 до 15	30	26	22	18	16	14	58	50	46	38	32	26
Від 15 до 20	26	22	18	16	14	10	50	46	38	32	26	18
Понад 20	22	18	16	14	10	7	46	38	32	26	18	14
Овес, гречка												
До 10	28	26	22	20	18	14	56	50	46	40	34	26
Від 10 до 15	26	22	20	18	14	10	50	46	40	34	26	22
Від 15 до 20	22	20	18	14	10	8	46	40	34	26	22	16
Понад 20	20	18	14	10	3	6	40	34	26	22	16	10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Соняшник												
До 10	20	18	16	14	12	10	40	38	32	26	24	22
Від 10 до 15	18	16	14	12	10	8	38	32	26	24	22	16
Від 15 до 20	16	14	12	10	8	7	32	26	24	22	16	14
Понад 20	14	12	10	8	7	4	26	24	22	16	14	8
Просо												
До 10	12	10	10	8	7	7	24	22	18	18	14	12
Від 10 до 15	10	10	8	7	7	6	32	18	18	14	12	10
Від 15 до 20	10	8	7	7	6	4	18	18	14	12	10	8
Понад 20	8	7	7	5	4	4	18	14	12	10	8	8
Рис												
До 10	8	8	7	6	6	4	16	14	14	10	10	8
Від 10 до 15	8	7	6	6	4	4	14	14	10	10	8	8
Від 15 до 20	7	6	6	4	4	4	14	10	10	8	8	8
Понад 20	6	6	4	4	4	4	10	10	8	8	8	8

*При розрахунку використано коефіцієнт, що дорівнює 0,8, що враховує зниження продуктивності машин при роботі з зерном, якість якого може відрізнятися від середнього.

Теоретична продуктивність зерносушарок в залежності від культури і вологості зерна до і після сушіння, т/год

Вологість зерна після сушіння, %	Вологість зерна до сушіння, %																
	до 17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	34	36
Для зерносушарок продуктивністю 30-32 пл. т/год																	
Пшениця, ячмінь, овес																	
14	46	39	34	31	28	26	24	21	20	19	18	16	15	14	13	12	11
15	63	50	42	36	32	29	26	24	22	21	19	18	16	15	14	12	11
16			54	43	36	32	30	27	24	22	21	19	18	17	15	13	12
17				57	45	38	33	31	27	24	22	21	19	18	16	14	12
18						46	39	34	31	27	25	23	21	19	17	15	13
19							47	39	35	31	28	25	23	21	18	16	14
20								48	40	35	31	28	25	23	19	17	15
22										50	41	36	32	28	23	19	17
24												50	42	36	28	23	19
26															36	28	23
28																36	28
30																	36
Гречка																	
14	58	49	43	39	35	33	30	26	25	24	23	20	19	18	16	15	14
15	79	63	53	45	40	36	33	30	28	26	24	23	20	19	18	15	14
16			68	54	45	40	38	34	30	28	26	24	23	21	19	16	15
17				71	56	48	41	39	34	30	28	26	24	23	20	18	15
18						58	49	43	39	34	31	29	26	24	21	19	16
19							59	49	44	39	35	31	29	26	23	20	18
20								60	50	44	39	35	31	29	24	21	19
22										63	51	45	40	35	29	24	21
24												63	53	45	35	29	24
26															45	35	29
28																45	35
30																	45
Жито																	
14	51	43	37	34	31	29	26	23	22	21	20	18	17	15	14	13	12
15	69	55	46	40	35	32	29	26	24	23	21	20	18	17	15	13	12
16			59	47	40	35	33	30	26	24	23	21	20	19	17	14	13
17				63	50	42	36	34	30	26	24	23	21	20	18	15	13
18						51	43	37	34	30	28	25	23	21	19	17	14
19							52	43	39	34	31	28	25	23	20	18	15
20								53	44	39	34	31	28	25	21	19	17
22										55	45	40	35	31	25	21	19
24												55	46	40	31	25	21
26															40	31	25
28																40	31
30																	40

Вологість зерна після сушіння,%	Вологість зерна до сушіння,%																
	до 17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	34	36
Просо, пшениця міцних і цінних сортів																	
14	37	31	27	25	22	21	19	17	16	15	14	13	12	11	10	10	9
15	50	40	34	29	26	23	21	19	18	17	15	14	13	12	11	10	9
16			43	34	29	26	24	22	19	18	17	15	14	14	12	10	10
17				46	36	30	26	25	22	19	18	17	15	14	13	11	10
18						37	31	27	25	22	20	18	17	15	14	12	10
19							38	31	28	25	22	20	18	17	14	13	11
20								38	32	28	25	22	20	18	15	14	12
22									40	33	29	26	22	18	15	14	
24											40	34	29	22	18	15	
26														29	22	18	
28																29	22
30																	29
Ячмінь пивоварний																	
14	28	23	20	19	17	16	14	13	12	11	11	10	9	8	8	7	7
15	38	30	25	22	19	17	16	14	13	13	11	11	10	9	8	8	7
16			32	26	22	19	18	16	14	13	13	11	11	10	9	8	7
17				34	27	23	20	19	16	14	13	13	11	11	10	8	7
18						28	23	20	19	16	15	14	13	11	10	9	8
19							28	23	21	19	17	15	14	13	11	10	8
20								29	24	21	19	17	15	14	11	10	9
22									30	25	22	19	17	14	11	10	
24											30	25	22	17	14	11	
26														22	17	14	
28																22	17
30																	22
Горох, соя																	
14	23	20	17	16	14	13	12	11	10	10	9	8	8	7	7	6	6
15	32	25	21	18	16	15	13	12	11	11	10	9	8	8	7	6	6
16			27	22	18	16	15	14	12	11	11	10	9	9	8	7	6
17				29	23	19	17	16	14	12	11	11	10	9	8	7	6
18						23	20	17	16	14	13	12	11	10	9	8	7
19							24	20	18	16	14	13	12	11	9	8	7
20								24	20	18	16	14	13	12	10	9	8
22									25	21	18	16	14	12	10	9	
24											25	21	18	14	12	10	
26														18	14	12	
28																18	14
30																	18

Вологість зерна після сушіння,%	Вологість зерна до сушіння,%																
	до 17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	34	36
Рис																	
14	18	16	14	12	11	10	10	8	8	8	7	6	6	6	5	5	4
15	25	20	17	14	13	12	10	10	9	8	8	7	6	6	6	5	4
16			22	17	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	6	5	5
17				23	18	15	13	12	12	10	9	8	8	7	6	6	5
18						18	16	14	12	12	10	9	8	8	7	6	5
19							19	16	14	12	11	10	9	8	7	6	5
20								19	16	14	12	11	10	9	8	7	6
22										20	16	14	13	11	9	8	7
24												20	17	14	11	9	8
26															14	11	9
28																14	11
30																	14
Кукурудза в зерні																	
14	32	27	24	22	20	18	17	15	14	13	13	11	11	10	9	8	8
15	44	35	29	25	22	20	18	17	15	14	13	13	12	11	10	8	8
16			38	30	25	22	21	19	17	15	14	13	13	12	11	9	8
17				40	32	25	22	21	19	17	15	14	13	13	12	10	9
18						32	27	24	22	19	18	16	14	13	12	11	9
19							33	27	25	22	20	18	16	14	13	12	10
20								34	28	25	22	20	18	16	13	13	11
22										35	29	25	22	20	16	13	12
24												36	29	25	20	16	13
26															25	20	16
28																25	20
30																	25
Для зерносушарок продуктивністю 60-64 пл. т/год																	
Пшениця, ячмінь, овес																	
14	75	53	54	50	45	42	36	34	32	31	29	27	25	23	21	19	18
15	102	81	78	57	52	46	43	39	35	33	31	29	27	25	22	20	18
16			88	69	59	52	48	43	39	36	33	31	29	27	23	21	19
17				93	72	61	54	50	44	39	36	33	31	29	25	22	20
18						74	63	55	50	44	40	36	34	31	27	23	21
19							76	63	56	51	45	40	36	34	29	25	22
20								77	64	57	51	45	40	36	31	27	23
22										81	66	58	53	45	36	31	27
24												81	63	59	45	36	31
26															59	45	36
28																59	45
30																	59

Вологість зерна після сушіння, %	Вологість зерна до сушіння, %																
	до 17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	34	36
Гречка																	
14	94	79	68	63	56	53	48	43	40	39	36	34	31	29	26	24	21
15	128	101	98	71	65	58	54	48	44	43	39	36	34	31	28	25	23
16			110	86	73	65	60	54	48	45	43	39	36	34	29	26	24
17					90	76	68	63	55	49	45	43	39	36	31	28	25
18						93	79	69	63	55	50	45	44	39	34	29	26
19							95	79	70	64	56	50	45	44	36	31	28
20								96	80	71	64	56	50	45	39	34	29
22										¹⁰¹	83	74	66	56	45	39	34
24												¹⁰¹	85	74	56	45	39
26															74	56	45
28																74	56
30																	74
Жито																	
14	83	69	59	55	50	46	42	37	35	34	32	30	28	25	23	21	19
15	112	89	86	63	57	51	47	43	39	36	34	32	30	28	24	22	20
16			97	76	65	57	53	47	43	40	36	34	32	30	25	23	21
17				¹⁰²	79	67	59	55	48	43	40	36	34	32	28	24	22
18						81	69	61	55	48	44	40	36	34	30	25	23
19							84	69	61	56	49	44	40	36	32	28	24
20								85	70	63	56	49	44	40	34	30	25
22										89	73	64	58	49	40	34	30
24												89	75	65	49	40	34
26															65	49	40
28																65	49
30																	65
Просо, пшениця міцних і цінних сортів																	
14	60	50	43	40	36	34	30	27	26	25	23	22	20	18	17	15	14
15	82	65	62	46	42	37	34	31	28	26	25	23	22	20	18	16	14
16			70	55	47	42	38	34	31	29	26	25	23	22	18	17	15
17				74	58	49	43	40	35	31	29	26	25	23	20	18	16
18						59	50	44	40	35	32	29	27	25	22	18	17
19							61	50	45	40	36	32	29	27	23	20	18
20								62	51	46	40	36	32	29	25	22	18
22										65	53	46	42	39	29	25	22
24												65	54	47	36	29	25
26															47	36	29
28																47	36
30																	47

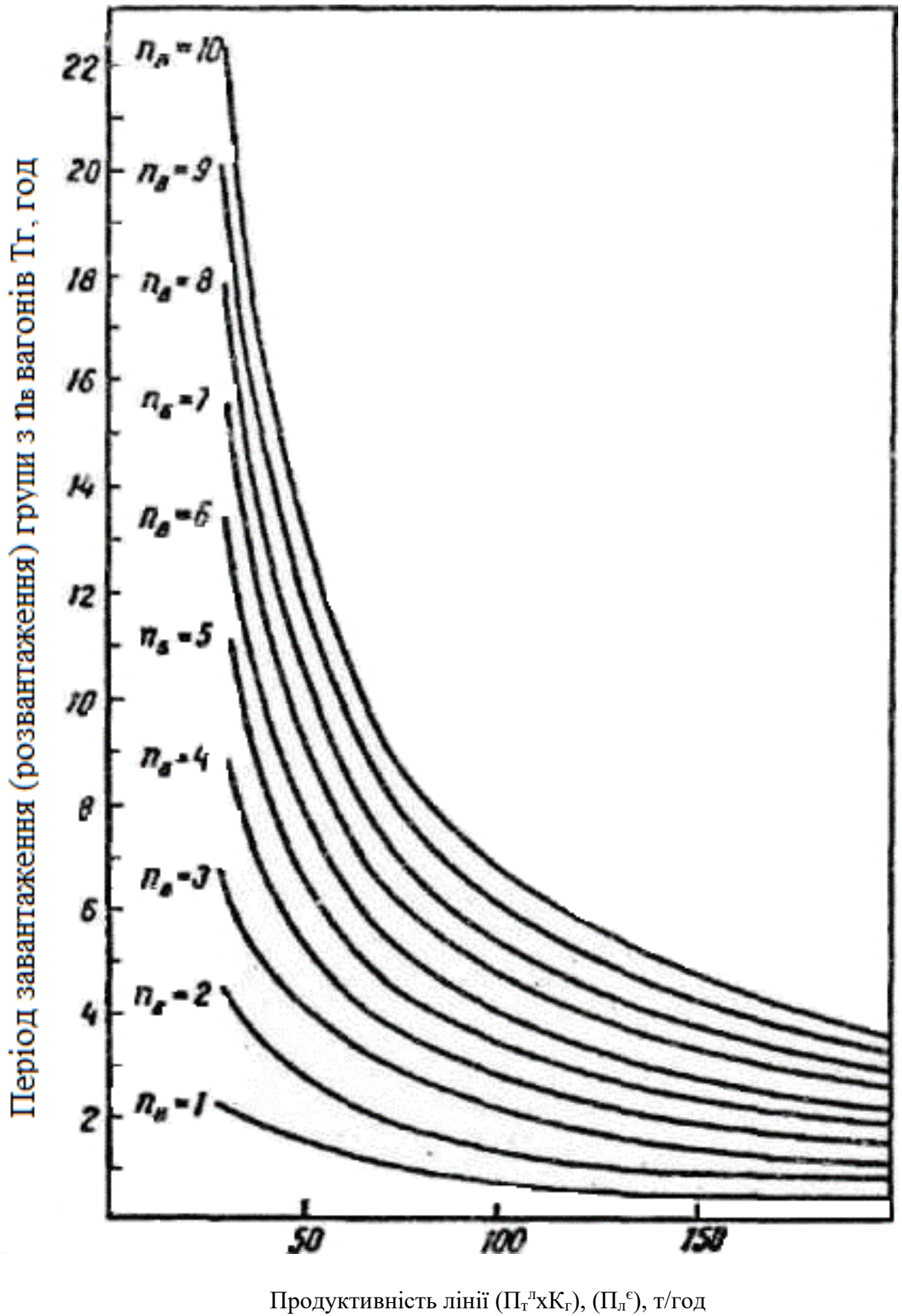
Вологість зерна після сушіння,%	Вологість зерна до сушіння,%																
	до 17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	34	36
Ячмінь пивоварний																	
14	45	38	32	30	27	25	23	20	19	19	17	16	15	14	13	11	10
15	61	49	47	34	31	28	26	23	21	20	19	17	16	15	13	12	11
16			63	41	35	31	29	26	23	22	20	19	17	16	14	13	11
17				56	43	37	32	30	26	23	22	20	19	17	15	13	12
18						44	38	33	30	26	24	22	20	19	16	14	13
19							46	38	34	31	27	24	22	20	17	15	13
20								46	38	34	31	27	24	22	19	16	14
22										49	40	35	32	27	22	19	16
24												49	41	35	27	22	18
26															35	27	22
28																35	27
30																	35
Горох, соя																	
14	38	32	27	25	23	21	19	17	16	16	15	14	13	12	11	10	9
15	51	41	39	29	26	23	22	20	18	17	16	15	14	13	11	10	9
16			44	35	30	26	24	22	20	18	17	16	15	14	12	11	10
17				47	36	31	27	25	22	20	18	17	16	15	13	11	10
18						37	32	28	25	22	20	18	17	16	14	12	11
19							38	32	28	26	23	20	18	17	15	13	11
20								39	32	29	26	23	20	18	16	14	12
22										42	33	29	27	23	18	16	14
24												42	34	30	23	18	16
26															30	23	18
28																30	23
30																	30
Рис																	
14	30	25	22	20	18	17	15	14	13	12	12	11	10	9	8	8	7
15	41	32	31	23	21	18	17	16	14	13	12	12	11	10	9	8	7
16			35	28	24	21	19	17	16	14	13	12	12	11	9	8	8
17				37	29	24	22	20	18	16	14	13	12	12	10	9	8
18						30	25	22	20	18	16	14	14	12	11	9	8
19							30	25	22	20	18	16	14	14	12	10	9
20								31	26	23	20	18	16	14	12	11	9
22										32	26	23	21	18	14	12	11
24												32	27	23	18	14	12
26															23	18	14
28																23	18
30																	23

Вологість зерна після сушіння,%	Вологість зерна до сушіння,%																
	до 17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	34	36
Кукурудза в зерні																	
14	53	44	38	35	32	29	27	24	22	22	20	19	18	16	15	13	12
15	71	57	55	40	36	32	30	27	25	23	22	20	19	18	15	14	13
16			62	48	41	36	34	30	27	25	23	22	20	19	16	15	13
17				65	50	43	38	35	31	28	25	23	22	20	18	16	15
18						52	44	39	35	31	28	25	24	22	19	18	16
19							53	44	39	36	32	28	25	24	20	19	17
20										40	36	32	28	25	22	19	18
22										57	46	41	37	32	25	22	19
24												57	44	41	32	25	22
26															41	32	25
28																41	32
30																	41

Продуктивність пристроїв для розвантаження і завантаження залізничних вагонів в залежності від теоретичної продуктивності транспортуючого обладнання та культури зерна

Потужність транспортуючого обладнання, т/год	Пристрої для розвантаження вагонів							Пристрій для загрузки вагонів	
	Загального значення				Зерновозів				
	Вагонорозвантажники			Механічна лопата У8-УУ-90 (ТМЛ-2М)	Через 1 пару люків	Через 2 пари люків	Через 3 пари люків	Телескопічні труби ЛД-5	Шнековий вагону завантажувач ШВЗ
	ВРГ	У20-УВС (ВГК-1)	ИРМ Р-3006						
Пшениця, кукурудза									
100	80	80	80	58	80	80	80	80	80
175	131	81	131	68	130	130	130	130	130
350	166	81	134	68	130	205	258	160	130
Жито, горох, соя									
100	72	72	72	61	72	72	72	72	72
175	118	73	118	61	117	117	117	117	117
350	150	73	120	61	117	184	232	144	117
Ячмінь, просо									
100	64	64	64	54	64	64	64	64	64
175	105	65	105	54	104	104	104	104	104
350	133	65	107	54	104	164	206	128	104
Гречка, рис									
100	56	56	56	48	56	56	56	56	56
175	92	57	92	48	91	91	91	91	91
350	116	57	94	48	91	143	180	112	91
Овес, соняшник									
100	48	48	48	41	48	48	48	48	48
175	79	49	49	41	78	78	78	78	78
350	100	49	80	41	78	123	155	96	78
Час на підготовчі операції з одним вагоном, год									
	0,11	0,20	0,11	0,20	0,18	0,13	0,08	0,27	0,14

Залежність періоду завантаження (розвантаження) групи з n_B вагонів від продуктивності лінії



Силоси типу ВВК з плоским дном
Габаритні розміри та місткість

Модель силосу	Діаметр силосу, м	Кількість ярусів	Об'єм силосу, м ³	Місткість по пшениці, т (при щільності 0,8 т/м ³)	Загальна висота силосу, м
ВВК.11.16.В12	11,00	16	1 908	1 526	22,483
ВВК.11.15.В12	11,00	15	1 794	1 435	21,283
ВВК.11.14.В12	11,00	14	1 680	1 344	20,083
ВВК.11.13.В12	11,00	13	1 566	1 253	18,883
ВВК.11.12.В12	11,00	12	1 452	1 162	17,683
ВВК.11.11.В12	11,00	11	1 338	1 070	16,483
ВВК.11.10.В12	11,00	10	1 224	979	15,283
ВВК.11.9.В12	11,00	9	1 110	888	14,083
ВВК.11.8.В12	11,00	8	996	797	12,883
ВВК.16.16.В12	16,00	16	4 117	3 294	23,926
ВВК.16.15.В12	16,00	15	3 875	3 100	22,726
ВВК.16.14.В12	16,00	14	3 634	2 907	21,526
ВВК.16.13.В12	16,00	13	3 393	2 714	20,326
ВВК.16.12.В12	16,00	12	3 152	2 522	19,126
ВВК.16.11.В12	16,00	11	2 910	2 328	17,926
ВВК.16.10.В12	16,00	10	2 669	2 135	16,726
ВВК.18.16.В12	18,00	16	5 249	4 199	24,51
ВВК.18.15.В12	18,00	15	4 944	3 955	23,31
ВВК.18.14.В12	18,00	14	4 639	3 711	22,11
ВВК.18.13.В12	18,00	13	4 333	3 466	20,91
ВВК.18.12.В12	18,00	12	4 028	3 222	19,71
ВВК.18.11.В12	18,00	11	3 722	2 978	18,51
ВВК.20.23.В12	20,00	23	9 168	7 334	33,487
ВВК.20.22.В12	20,00	22	8 791	7 033	32,287
ВВК.20.21.В12	20,00	21	8 414	6 731	31,087
ВВК.20.20.В12	20,00	20	8 037	6 430	29,887
ВВК.20.19.В12	20,00	19	7 660	6 128	28,687
ВВК.20.18.В12	20,00	18	7 283	5 826	27,487
ВВК.20.17.В12	20,00	17	6 906	5 525	26,287
ВВК.20.16.В12	20,00	16	6 529	5 223	25,087
ВВК.20.15.В12	20,00	15	6 152	4 922	23,887
ВВК.20.14.В12	20,00	14	5 775	4 620	22,687
ВВК.20.13.В12	20,00	13	5 398	4 318	21,487
ВВК.20.12.В12	20,00	12	5 021	4 017	20,287
ВВК.20.11.В12	20,00	11	4 644	3 715	19,087
ВВК.20.10.В12	20,00	10	4 267	3 414	17,887
ВВК.20.9.В12	20,00	9	3 890	3 112	16,687
ВВК.20.8.В12	20,00	8	3 513	2 810	15,487
ВВК.22.22.В12	22,00	22	10 696	8 557	32,782
ВВК.22.21.В12	22,00	21	10 240	8 192	31,582

ВВК.22.20.В12	22,00	20	9 784	7 827	30,382
ВВК.22.19.В12	22,00	19	9 328	7 462	29,182
ВВК.22.18.В12	22,00	18	8 872	7 098	27,982
ВВК.22.17.В12	22,00	17	8 415	6 732	26,782
ВВК.22.16.В12	22,00	16	7 960	6 368	25,582
ВВК.22.15.В12	22,00	15	7 503	6 002	24,38
ВВК.22.14.В12	22,00	14	7 047	5 638	23,18
ВВК.22.13.В12	22,00	13	6 591	5 273	21,98
ВВК.22.12.В12	22,00	12	6 135	4 908	20,78
ВВК.28.18.В12	28,00	18	14 658	11 726	29,71
ВВК.28.17.В12	28,00	17	13 919	11 135	28,51
ВВК.28.16.В12	28,00	16	13 180	10 544	27,31
ВВК.28.15.В12	28,00	15	12 441	9 953	26,11
ВВК.28.14.В12	28,00	14	11 702	9 362	24,91
ВВК.28.13.В12	28,00	13	10 963	8 770	23,71
ВВК.28.12.В12	28,00	12	10 225	8 180	22,51
ВВК.32.20.В12	32,00	20	21 315	16 625	34 752
ВВК.32.19.В12	32,00	19	20 350	15 875	33 552
ВВК.32.18.В12	32,00	18	19 385	15 120	32 352
ВВК.32.17.В12	32,00	17	18 415	14 365	31 152
ВВК.32.16.В12	32,00	16	17 450	13 610	29 952
ВВК.32.15.В12	32,00	15	16 485	12 860	28 752
ВВК.32.14.В12	32,00	14	15 520	12 105	27 552
ВВК.32.13.В12	32,00	13	14 555	11 350	26 352
ВВК.32.12.В12	32,00	12	13 590	10 600	25 152
ВВК.32.11.В12	32,00	11	12 625	9 845	23 952

Примітка: Для визначення ваги продукту, який зберігається у силосі, необхідно об'єм силосу (вказаний у м³) помножити на насипну щільність продукту.

Наприклад, визначити масу ячменю, який зберігається в силосі ВВК.22.20.В12.

Силос ВВК.22 на 20 ярусів має об'єм 9 784 м³. При щільності ячменю 0,61 т/м³ місткість силосу по ячменю складе 5 968 т.

Щільність основних зернових культур:

1. Пшениця: 0,8 т/м³;
2. Ячмінь: 0,61 т/м³;
3. Кукурудза: 0,72 т/м³;
4. Соя, ріпак: 0,6 т/м³.

Навчальне видання

ТЕХНОЛОГІЯ ЕЛЕВАТОРНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Навчально-методичний посібник
до виконання лабораторних робіт

для студентів спеціальності 181 «Харчові технології»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
(освітня програма «Харчові технології»)

Укладачі:

ФОМІНА Ірина Миколаївна
БОРОВІКОВА Наталія Олексіївна
ІЗМАЙЛОВА Олена Олександрівна

Відповідальний за випуск старший викладач кафедри Боровікова Н.О.

Авторська редакція

Підписано до друку 02.02.24 . Формат 60x84x16.
Папір офсетний. Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Умовн.друк.аркушів – 2,6. Обл.-вид. аркушів – .
Тираж 20

Державний біотехнологічний університет,
вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002.