

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Шаповаленко О.І., Євтушенко О.О., Янюк. Т.І., Почеп В.А.**

---

**ТЕХНОЛОГІЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ  
ЕЛЕВАТОРІВ**

---

**Під редакцією професора Шаповаленко О.І.**

Стереотипне видання

**Херсон  
ОЛДІ-ПЛЮС  
2018**

**УДК 664.724**  
**ББК 36.821**  
**Т 381**

*Копіювання, сканування, запис на електронні носії  
і тому подібне книжки в цілому або будь-якої її  
частини заборонено*

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів  
(лист № 1/11 – 4428 від 27.03.2015 р.)*

**Рецензенти:**

д.т.н., проф. **Є.А. Дмитрук**, Національний університет харчових технологій;  
д.т.н. **О.П. Верещинський**, Генеральний директор ТОВ «ОЛІС», м. Одеса;  
д.т.н., проф. **М.І. Валько**, Херсонський національний технічний університет.

**Шаповаленко О.І., Євтушенко О.О., Янюк Т.І. та ін**  
**Т 381** Технологія та проектування елеваторів: навчальний посібник / О.І. Шаповаленко, О.О. Євтушенко, Т.І. Янюк, В.А. Почеп; [Під редакцією проф. Шаповаленко О.І.]. – Стереотипне видання. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. – 416 с.

**ISBN 978-966-289-063-1**

У навчальному посібнику розглянуто принципи побудови технологічних схем, викладено основні засади проектування підприємств елеваторної промисловості, а також різні вимоги, які необхідно враховувати для якісного виконання дипломних і курсових проектів. Наведено методику розрахунку технологічного та транспортного обладнання, а також приклади розрахунку елеваторів і виконання креслень.

Навчальний посібник призначений для студентів вищих навчальних закладів, технікумів та коледжів зі спеціальності «Технологія зберігання і переробки зерна».

**ББК 36.821**

**ISBN 978-966-289-063-1**

© Шаповаленко О.І., 2018  
© Євтушенко О.О., 2018  
© Янюк Т.І., 2018  
© Почеп В.А., 2018

## ВСТУП

---

Продовольча безпека держави ґрунтується, насамперед, на достатніх потужностях та сучасних технологіях зернових підприємств, що існують в країні. Тому проектування та будівництво нових елеваторів, а також питання реконструкції існуючих, завжди є актуальними в будь-яких економічних умовах.

Проектувати нові та реконструювати діючі зерносклади необхідно з урахуванням прогресивних технологічних процесів, новітньої техніки та систем автоматизації виробництва, а також передового досвіду підприємств галузі. Вартість будівництва сучасного зерноскладу може бути досить високою та залежить від величини річного вантажообігу підприємства, стану місця будівництва, тобто несучої здатності ґрунту. Елеватор краще розташовувати в промисловій зоні. Він повинен бути з'єднаним із системою залізниці та основними автомобільними шляхами, а також мати доступ до водних шляхів.

Вихідними даними для розроблення технологічної частини курсового та дипломного проекту (роботи) елеватора є:

- 1) матеріали, що збираються під час проходження практики;
- 2) матеріали техніко-економічного обґрунтування, в якому з урахуванням перспективи визначають необхідну ємність усього підприємства, місткість елеватора, що проектується, а також річні обсяги робіт із приймання та відвантаження зерна на різні види транспорту.

На основі багаторічного досвіду в державі було розроблено типові проекти зерноскладів, що дозволяло будувати їх за ретельно продуманими рішеннями, добре обґрунтованими теоретично та підтвердженими практичним досвідом. Останнім часом будівництво нових елеваторів здійснюється переважно на основі використання сталевих конструкцій будівель та ємностей. Проте принципи побудови технологічного процесу для обох типів підприємств залишаються аналогічними.

Елеватори, залежно від виконуваних функцій, поділяються на: хлібоприймальні, базисні, фондові, перевалочні, портові та виробничі. Кожен має свої особливості, обумовлені розвиненістю тих або інших операцій. Тому під час проектування необхідно враховувати не лише місце розташування елеватора, а і його належність до однієї з трьох ланок елеваторної промисловості.

У навчальному посібнику наведені основні розрахункові положення, які стосуються функціонування всіх ділянок елеватора, що складають основу технологічної схеми, принципи розрахунку й розміщення обладнання в робочій будівлі елеватора, вимоги охорони праці та протипожежні норми, а також інші аспекти, необхідні для розроблення та найкращого виконання курсових і дипломних проектів студентами спеціальності «Технологія зберігання і переробки зерна» з дисциплін «Технологія елеваторної промисловості» та «Проектування підприємств галузі».

## РОЗДІЛ 1

# РОЗВИТОК ЕЛЕВАТОРНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

---

Технологія елеваторної промисловості (ТЕП) – 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.

Засновником цієї дисципліни був професор Д.В. Шумський, який видав перший навчальний посібник у 1939-1945 рр. У 1954 р. викладачі ОТІ ім. І.В. Сталіна П.Н. Платонов, Б.Г. Лятаровський, П.Н. Рекайкин видали навчальний посібник «Елеватори і склади», а у 1971 р. викладачі ОТІХП ім. В.М. Ломоносова П.Н. Платонов, В.Т. Лебединський, В.Б. Фасман випустили друге видання цього посібника, яке було перероблене та доповнене новими даними.

Наявність і кількість зерна в державі на всіх етапах розвитку людства визначали її заможність. Сезонність виробництва зерна змушувала створювати та зберігати його запаси для задоволення впродовж року потреб населення в хлібопродуктах, а тваринництва і птахівництва – в комбікормах. Зберігалось зерно в різноманітних сховищах, типи яких відповідають різним епохам розвитку людства.

Так, в часи Трипільської культури (кінець IV – початок II тисячоліття до н.е.), яка була розташована на території теперішніх Київської і Кіровоградської областей України та Краснодарського краю Росії, зерно зберігали в посудинах висотою до 1 м. На території Ольвії (це територія правобережної України) в середині I тисячоліття до н.е. для зберігання зерна використовували глибокі ями, в яких розташовували посудини із зерном. Вхід до цих ям закривали

кам'яною плитою. На території Боспорського царства в районі теперішньої Керчі в період із VI ст. до н.е. по IV ст. н.е. зерно зберігали в ямах або у великих глиняних посудинах. Підземні сховища створювали також і в інших державах.

У період існування рабовласницького ладу та феодалізму зерно зберігали в коморах, які будували з глини, дерева і каміння.

Починаючи з царювання Івана III (1462-1505 рр.), на Русі неодноразово робились спроби створити державні запаси зерна. Для послаблення наслідків частих неврожаїв він відкрив у всіх містах «житні двори» – склади для зберігання зерна, а також була створена спеціальна урядова служба – «приказ», який відповідав за організацію запасів зерна. Наприкінці XVI ст. у Москві, яка стала великим центром торгівлі зерном, почали будувати кам'яні зерносховища.

У 1601 році за часів царя Бориса Годунова почався страшний трирічний голод. Його наслідки змусили Годунова створити чотирирічний запас зерна, що спричинило будівництво хлібних комор. Подальше покращення організації зернових запасів здійснив Петро I, який створив Провіантський приказ (1760 р.), що відповідав за державні запаси хліба.

У 1765 р. в Росії створили Вільне економічне товариство, метою якого було збільшення доходів заможних господарств. Товариство також видавало книжки, в яких публікували технічні новини. Так, у 1766 р. у статті Романа Воронцова було описано зерносховище закромного типу. У 1794 р. оберпровіантмейстер російської армії Енгельман розробив конструкцію цегляного силосного зерносховища з 24 силосами.

У 1803 р. Вільне економічне товариство провело конкурс на розроблення зручного і дешевого пристрою для сушіння та зберігання зерна. На конкурсі був представлений проект І. Воцеховича-Пусторецького, який передбачав продування повітрям зерна під час його зберігання.

Таким чином, зерно не лише зберігалось, а й поліпшувалась його якість в процесі зберігання, з'явилися також окремі елементи механізації завантаження та розвантаження зерносховищ.

Перший елеватор було побудовано у 1860 р. під керівництвом механіка Варшавсько-Віденської залізниці А. Лапінського при млині селища Зележинка Варшавської губернії. У 1880-1881 рр. збудували Миколаївський елеватор-перевантажувач, а також елеватор військового інтендантства в місті Пінськ.

Наприкінці ХІХ ст. елеватори в Російській імперії будували переважно залізничні компанії – Рязансько-Уральська, Владикавказька, Харківсько-Миколаївська та ін. У той же час будувалися великі портові елеватори: Петербурзький, на морському каналі (1889 р.), Миколаївський (1893 р.), Новоросійський (1894 р.) тощо. Однак темпи будівництва елеваторів не відповідали вимогам країни. Зростала диспропорція між збільшенням товарності сільського господарства і потребою в попередньому обробленні зерна і кількістю механізованих зерноскладів в державі. Так, у 1910 р. валовий збір зерна в Росії становив 80 млн. тонн, а кількість елеваторів дорівнювала 75 шт., причому їх загальна місткість не перевищувала 300 тис. тонн.

Щорічний експорт зерна з Росії в 1861-1865 рр. становив 1,3 млн. тонн, а в 1906-1910 рр. – 10 млн. тонн. Тому потрібно було впорядкувати будівництво елеваторів. Починаючи з 1911 року, будівництво елеваторів здійснював Державний банк Росії. В зв'язку з початком у 1914 році І світової війни будівництво елеваторів було призупинено. З 1912 року по 1918 рік було побудовано і введено в експлуатацію 47 елеваторів загальною місткістю 480 тис. тонн. Крім того, на стадії будівництва знаходилось понад 20 елеваторів загальною місткістю 230 тис. тонн.

За період І світової та громадянської воєн значна частина елеваторів була знищена і в державі залишилось лише 122 елеватори загальною місткістю 950 тис. тонн.

Разом з відновленням елеваторів, які були побудовані до революції 1917 р., почалося будівництво складів і заготівельних елеваторів. Будувало елеватори АТ «Хлібопродукт». Перший елеватор Е = 1000 т було побудовано у 1924 році. Він мав 2 норії  $Q = 16$  т/год кожна, 2 зерноочисні машини  $Q = 6-7$  т/год. Зерно подавали і

відвантажували із силосів самопливом. Однак його приймальна здатність, місткість та продуктивність обладнання були низькими, тому елеваторів такого типу більше не будували.

Починаючи з 1925 року АТ «Хлібопродукт» будує нові елеватори  $E = 1000$  т з двома норіями  $Q = 30$  т/год і сепаратором № 5.

У 1926-1927 рр. продовжується будівництво заготівельних елеваторів, збільшується їх місткість і потужність приймальних пристроїв.

У 1927 році почалося будівництво стрічкових елеваторів  $E = 3500$  т із гнучкою технологічною схемою.

В той час провідна роль у розвитку науки і техніки елеваторно-складського господарства належить професору Д.В. Шумському, який у 1927 році перший теоретично обґрунтував і розробив метод розрахунку виробничих процесів, що використовується на виробництві під назвою «оперативний розрахунок елеваторів».

Проектування елеваторів з 1927 року здійснювалось у всесоюзному АТ «Хліббуд», а з 1938 року – в ДІ «Промзернопроект», що дозволило узагальнити досвід будівництва елеваторів в державі і створити нові типи складів і елеваторів.

У 1930-1931 рр. побудовано заготівельний елеватор типу ДЛ-66  $E = 5000$  т з двома норіями  $Q = 66$  т/год кожна й коморою. У ньому можна було приймати велику кількість зерна, яке підвоцили гужовим і автомобільним транспортом.

У 1932 році цей елеватор удосконалюють і замінюють елеватором ДЛ-75, який залишається незмінним до 1937 року.

Разом з будівництвом заготівельних елеваторів з 1926 року почалось будівництво портових і виробничих елеваторів:

1926 рік – великого портового елеватора в Миколаєві  $E = 41000$  т з використанням найсучаснішої техніки;

1927 рік – виробничого елеватора в Ташкенті;

1928 рік – виробничого елеватора в Москві (млинкомбінат ім. Цюрупі);

1930 рік – портового елеватора П-6×500  $E = 50000$  т.



**ЗМІСТ**

|  |     |
|--|-----|
| <b>ВСТУП</b> .....   | 3   |
| <b>РОЗДІЛ 1 РОЗВИТОК ЕЛЕВАТОРНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ</b> .....                                       | 5   |
| <b>РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ (ТП)<br/>ПІДПРИЄМСТВ ЕЛЕВАТОРНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ</b> .....      | 17  |
| 2.1. Система підприємств із зберігання зерна.....  | 17  |
| 2.2. Структурні схеми технологічних процесів елеваторів I, II і III ланки .....                | 20  |
| <b>РОЗДІЛ 3 ЗАГАЛЬНА ПРОГРЕСИВНА ПРИНЦИПОВА СХЕМА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗЕРНОСХОВИЩ</b> ..... | 27  |
| 3.1. Схеми зерносховищ.....  | 27  |
| 3.2. Транспортно-технологічні лінії приймання та відпускання зерна.....                        | 31  |
| 3.3. Технологічні лінії очищення та сушіння зерна.....   | 35  |
| 3.4. Обладнання для очищення та сушіння зерна.....   | 41  |
| 3.5. Визначення ефективності роботи зерноочисних машин .....                                   | 42  |
| <b>РОЗДІЛ 4 РОБОЧА СХЕМА РУХУ ЗЕРНА</b> .....  | 49  |
| 4.1. Порядок складання робочої схеми руху зерна.....   | 49  |
| 4.2. Призначення верхніх і нижніх бункерів, таблиці ходів норій, таблиці місткостей.....       | 54  |
| <b>РОЗДІЛ 5 ГРАФО-АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ БУНКЕРІВ</b> .....          | 62  |
| 5.1. Основні поняття.....  | 63  |
| 5.2. Графічне відображення роботи бункерів .....   | 67  |
| <b>РОЗДІЛ 6 ГЕНЕРАЛЬНИЙ ПЛАН ПІДПРИЄМСТВА</b> .....  | 73  |
| 6.1. Вимоги до ділянки під будівництво.....  | 73  |
| 6.2. Компонування елеватора .....  | 77  |
| 6.3. Ув'язування силосного корпусу й приймально-відпускних пристроїв з робочою баштою .....    | 78  |
| 6.4. Розташування будівель і споруд на території підприємства .....                            | 80  |
| 6.5. Розміщення на території підприємства доріг і під'їзних шляхів .....                       | 88  |
| <b>РОЗДІЛ 7 ОСОБЛИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЕЛЕВАТОРІВ</b> .....                           | 96  |
| 7.1. Монолітні конструкції силосних корпусів.....  | 97  |
| 7.2. Збірні конструкції силосних корпусів .....  | 102 |
| 7.3. Конструкції робочої башти.....  | 106 |

|   |            |
|---|------------|
| 7.4. Склади й камери відходів .....                       | 110        |
| 7.5. Об'ємно-планувальні та конструктивні вирішення ..... | 112        |
| 7.6. Основні положення при розрахунку конструкцій .....   | 129        |
| <b>РОЗДІЛ 8 ПРИЙМАЛЬНІ ТА ВІДПУСКНІ ПРИСТРОЇ .....</b>    | <b>144</b> |
| 8.1. Приймання з автомобільного транспорту .....          | 144        |
| 8.2. Приймання із залізничного транспорту .....           | 149        |
| 8.3. Приймання з водного транспорту .....                 | 154        |
| 8.4. Відпускні пристрої на залізничний транспорт .....    | 157        |
| 8.5. Відпускання на водний транспорт .....                | 161        |
| 8.6. Відпускання на автомобільний транспорт .....         | 164        |
| 8.7. Відпускання на підприємство .....                    | 165        |
| <b>РОЗДІЛ 9 ЗЕРНОСХОВИЩА ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ</b>               |            |
| <b>ПРОДОВОЛЬЧОГО ЗЕРНА .....</b>                          | <b>171</b> |
| 9.1. Вимоги до зерносховищ .....                          | 171        |
| 9.2. Способи зберігання зерна й типи зерносховищ .....    | 174        |
| 9.3. Обладнання, яке застосовується в зерносховищах ..... | 181        |
| 9.4. Вимоги з експлуатації зерносховищ .....              | 184        |
| <b>РОЗДІЛ 10 СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ</b>                |            |
| <b>ЕЛЕВАТОРА .....</b>                                    | <b>192</b> |
| 10.1. Види систем керування роботою елеватора .....       | 192        |
| 10.2. Просте диспетчерське керування .....                | 196        |
| 10.3. Часткове дистанційне керування (ЧДК) .....          | 197        |
| 10.4. Дистанційне автоматизоване керування (ДАК)          |            |
| з елементами ЕОМ .....                                    | 200        |
| 10.5. Системи дистанційного керування .....               | 205        |
| <b>РОЗДІЛ 11 ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА</b>                  |            |
| <b>ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТИ ЕЛЕВАТОРА .....</b>             | <b>211</b> |
| 11.1. Організація будівельного виробництва .....          | 211        |
| 11.2. Інженерне обладнання .....                          | 212        |
| 11.3. Електропостачання .....                             | 217        |
| 11.4. Оцінювання впливу на навколишнє середовище .....    | 219        |
| <b>РОЗДІЛ 12 КУРСОВЕ ТА ДИПЛОМНЕ</b>                      |            |
| <b>ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕВАТОРІВ .....</b>                      | <b>226</b> |
| 12.1. Основні розрахункові положення                      |            |
| при проектуванні елеваторів .....                         | 226        |
| 12.2. Розрахунок і підбір устаткування                    |            |
| для приймання та відпускання зерна .....                  | 233        |

|   |     |
|---|-----|
| 12.2.1. Приймання та відпускання зерна з автомобільного транспорту .....                        | 233 |
| 12.2.2. Розрахунок пристроїв для контролю за якістю зерна .....                                 | 238 |
| 12.2.3. Розрахунок вагового устаткування .....  | 239 |
| 12.2.4. Розрахунок устаткування при розвантаженні зерна з автотранспорту .....                  | 243 |
| 12.2.5. Приймання та відпускання зерна з використанням залізничного транспорту .....            | 246 |
| 12.2.6. Приймання та відпускання зерна з морських і річкових суден .....                        | 253 |
| 12.3. Передавання зерна на перероблення .....   | 258 |
| 12.4. Розрахунок і підбір обладнання для очищення зерна .....                                   | 258 |
| 12.5. Розрахунок і підбір зерносушарок .....  | 262 |
| 12.6. Розрахунок і підбір транспортувального обладнання .....                                   | 269 |
| 12.6.1. Норії .....   | 269 |
| 12.6.2. Транспортери .....  | 272 |
| 12.6.3. Самопливний транспорт .....   | 273 |
| 12.7. Оброблення та зберігання відходів .....   | 274 |
| 12.8. Місткість споруд для зберігання та перероблення зерна .....                               | 277 |
| 12.8.1. Визначення місткості силосів і бункерів .....   | 278 |
| 12.8.2. Визначення місткості споруд для зберігання та перероблення зерна .....                  | 281 |
| 12.9. Проектування робочої башти елеватора .....  | 284 |
| 12.9.1. Розміщення технологічного і транспортного обладнання .....                              | 284 |
| 12.9.2. Визначення висот поверхів .....   | 286 |
| 12.9.3. Узгодження приймальних пристроїв і силосного корпусу з робочою будівлею елеватора ..... | 289 |
| 12.10. Післязбиральне оброблення продовольчо-кормової кукурудзи, що надходить в качанах .....   | 291 |
| 12.11. Особливості приймання, зберігання та перероблення зерна різних культур .....             | 293 |
| 12.12. Знезараження зерна, пошкодженого шкідниками хлібних запасів .....                        | 297 |
| 12.13. Чисельність обслуговуючого персоналу .....   | 300 |
| 12.14. Техніка безпеки. Охорона праці. Інструкції по роботі обладнання .....                    | 301 |

|   |     |
|---|-----|
| 12.14.1. Вимоги при роботі із зерносушарками,<br>норіями та конвеєрами .....                                      | 303 |
| 12.14.2. Протипожежні заходи при експлуатації зерносушарок ...  | 307 |
| <b>РОЗДІЛ 13 ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ<br/>ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕВАТОРА</b> .....                                     | 312 |
| 13.1. Вибір і розрахунок технологічного обладнання<br>для очищення зерна на елеваторі .....                       | 312 |
| 13.1.1. Опис технологічної схеми .....  | 320 |
| 13.2. Приклад розрахунку елеватора на 100000 т .....  | 325 |
| 13.2.1. Техніко-економічне обґрунтування доцільності<br>будівництва хлібоприймального елеватора .....             | 325 |
| 13.2.2. Розрахунок необхідного технологічного<br>і транспортного обладнання .....                                 | 326 |
| 13.2.4. Розрахунок аспіраційної мережі .....  | 341 |
| 13.2.5. Автоматизація виробничого процесу .....   | 346 |
| 13.2.6. Опис технологічної схеми руху зерна та відходів .....   | 352 |
| 13.2.7. Архітектурно-будівельна частина .....   | 355 |
| <b>РОЗДІЛ 14 МЕТАЛЕВІ ЗЕРНОСХОВИЩА</b> .....  | 366 |
| 14.1. Загальна характеристика .....   | 366 |
| 14.2. Компонування металевих силосів. Способи<br>їх завантаження зерном і вивантаження. Вентилювання зерна .....  | 375 |
| 14.3. Основні відмінності металевих силосів від інших і напрями<br>підвищення їх експлуатаційної надійності ..... | 382 |
| 14.4. Приклад розрахунку металевого<br>елеватора місткістю 20050 т .....  | 384 |
| <b>ДОДАТКИ</b> .....  | 394 |
| <b>ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК</b> .....  | 407 |
| <b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....   | 410 |