**Міністерство освіти і науки України**

**Таврійський державний агротехнологічний університет**

**імені Дмитра Моторного**

**Механіко-технологічний факультет**

Кафедра обладнання переробних

і харчових виробництв

імені професора Ф.Ю. Ялпачика

**ЗВІТ**

**Про проходження науково-дослідної практики**

**на СФГ "Луговський О.А."**

Роботу виконав:

студент 11МБ ГМ

Кубенко М.П

Перевірив:

д.т.н., професор

Самойчук К.О.

**Запоріжжя 2023**

**ЗМІСТ**

[АНОТАЦІЯ 3](#_Toc50896290)

[ВСТУП І ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО 4](#_Toc50896291)

[1 АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ 7](#_Toc50896292)

[1.1 Загальна характеристика процесу 7](#_Toc50896293)

[1.2 Аналіз обладнання на елеваторі 9](#_Toc50896294)

[2 ВИБІР КОНСТРУКТИВНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПІДІГРІВНИКА РЕЦИРКУЛЯЦІЙНОЇ ЗЕРНОСУШАРКИ 13](#_Toc50896295)

[2.1 Протитечний конвективний підігрівник рециркуляційної зерносушарки 13](#_Toc50896296)

[2.2 Протитоковий конвективний підігрівник для рециркуляційної зерносушарки 14](#_Toc50896297)

[3 МЕТОДИКА ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ 15](#_Toc50896298)

[3.1 Програма теоретичних досліджень 15](#_Toc50896299)

[3.2 Характеристика об'єкту досліджень 17](#_Toc50896300)

[4 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕВАТОРНИМ КОМПЛЕКСОМ 19](#_Toc50896301)

[ВИСНОВКИ 27](#_Toc50896302)

[СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 28](#_Toc50896303)

# **АНОТАЦІЯ**

Звіт з науково-дослідної практики на СФГ "Луговський О.А."на 28 листах машинописного тексту формату А4 і містить 4 розділи, 11 рисунків і схем, 8 формул.

Проведено аналіз елеватор, останніх досліджень і публікацій, обрано конструктивне рішення для вдосконалення конструкції сушари на елеваторі , приведені теоретичні дослідження процесу сушіння зернових культур .

# **ВСТУП І ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО**

У кожній державі, в будь-якому суспільстві сільське господарство є життєво необхідною галуззю народного господарства, оскільки зачіпає інтереси буквально кожної людини. Адже нині понад 80 % фонду споживання формується за рахунок продукції сільського господарства. Тому виробництво її є найпершою умовою існування людства.

Однак для України, яка стала на шлях ринкової економіки, сільське господарство має особливо велике значення тому, що воно є однією з найбільших галузей народного господарства.

Сільське господарство відіграє винятково важливу роль як каталізатор розвитку ринкової економіки. Ринкова економіка - це одне з найвидатніших досягнень світової цивілізації, це природне середовище людства і взаємодії товаровиробників, середовище, якому притаманні певний порядок і саморегуляція завдяки дії основного закону -- попиту і пропозиції. В становленні ринкової економіки України ця галузь, враховуючи її масштаби, може відіграти (і вже частково відіграє) виключно важливу роль завдяки своїм специфічним властивостям

Сільське господарство є висококонкурентною галуззю, оскільки в ній діє багато незалежних підприємств, що виробляють переважно ті самі товари. За значної кількості підприємств кожне з них поставляє на ринок лише невелику частку певного виду сільськогосподарської продукції від загального обсягу її продажу. Це і є тією першопричиною, що породжує високу конкуренцію між сільськими товаровиробниками і водночас ставить заслін будь-якому монополізму в аграрній сфері. В результаті створюється ринкове середовище, що стимулює розвиток також в інших секторах економіки.

Сільське господарство України в недалекій перспективі може стати одним з головних джерел й експорту. Цьому сприяють і великі масштаби сільськогосподарського землекористування і родючі землі. У поєднанні з працьовитістю українського народу це виводить Україну на одне з провідних місць за аграрним потенціалом. У перспективі Україна може не лише повністю забезпечити власні потреби в сільськогосподарській продукції, а й істотно збільшити свій експортний потенціал. Таким чином, сільське господарство може і повинно стати галуззю, що відіграватиме винятково важливу роль у процесі входження України у світовий ринок.

Велике значення в діяльності аграрного підприємства відіграє економічна служба, що здійснює аналіз та оцінку отриманих результатів та будує плани на наступні роки.

Об'єктом проходження виробничої практики є СФГ "Луговський О.А."що розташоване в Кіровоградської області Бобринецькому районі с. Бобринка.

На орендованих землях вирощується ячмінь та соняшник.

За останні роки діяльності підприємства створено власний машино– тракторний парк, який повністю укомплектований навісним і причіпним устаткуванням для сільгосптехніки.

Предметом діяльності підприємства є:

‒ Зберігання, обробка и отпуск зерна;

‒ Послуги по підробці: контроль за температурою, сушка, очистка;

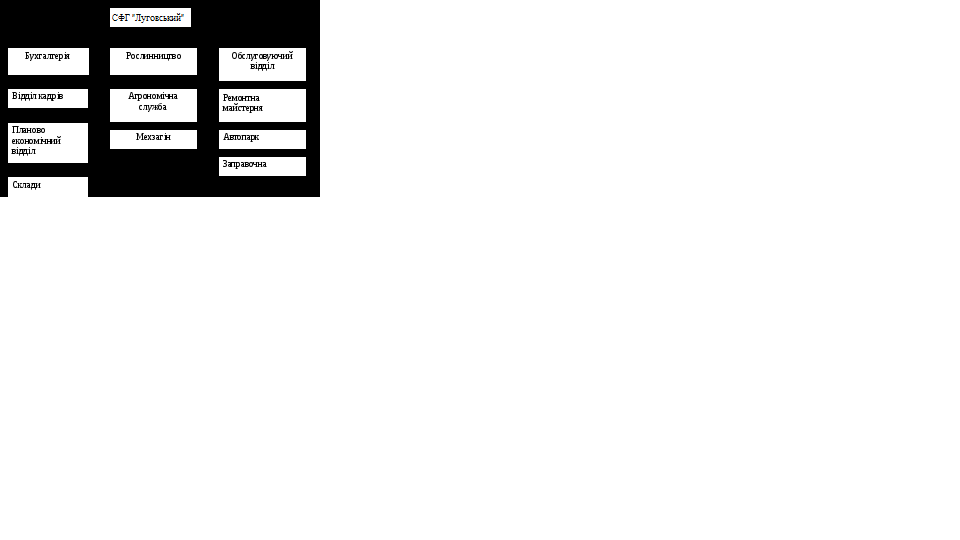


Рис. 1 - Організаційно-виробнича структура фермерського господарства СФГ "Луговський О.А."



Рис. 2 - Зображений склад пшениці

Також на складі зберігають соняшник та ячмінь , який підається очисткі для зберігання та вподальшому продажу.

1. **АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ**

**1.1 Загальна характеристика процесу**

Зерно і продукти, виготовлені на його основі, є основою життя людей. Дуже важливим є питання їх збереження до моменту транспортування. Спрощують його зернові елеватори.Зерновий елеватор призначений для зберігання зерна у великих кількостях і доведення його до стану кондиції. Елеватор всередині включають в себе механізми для навантаження і вивантаження зернових, сушарки. Робочі будівлі і т.д. зазвичай в організаціях будують цілі комплекси.

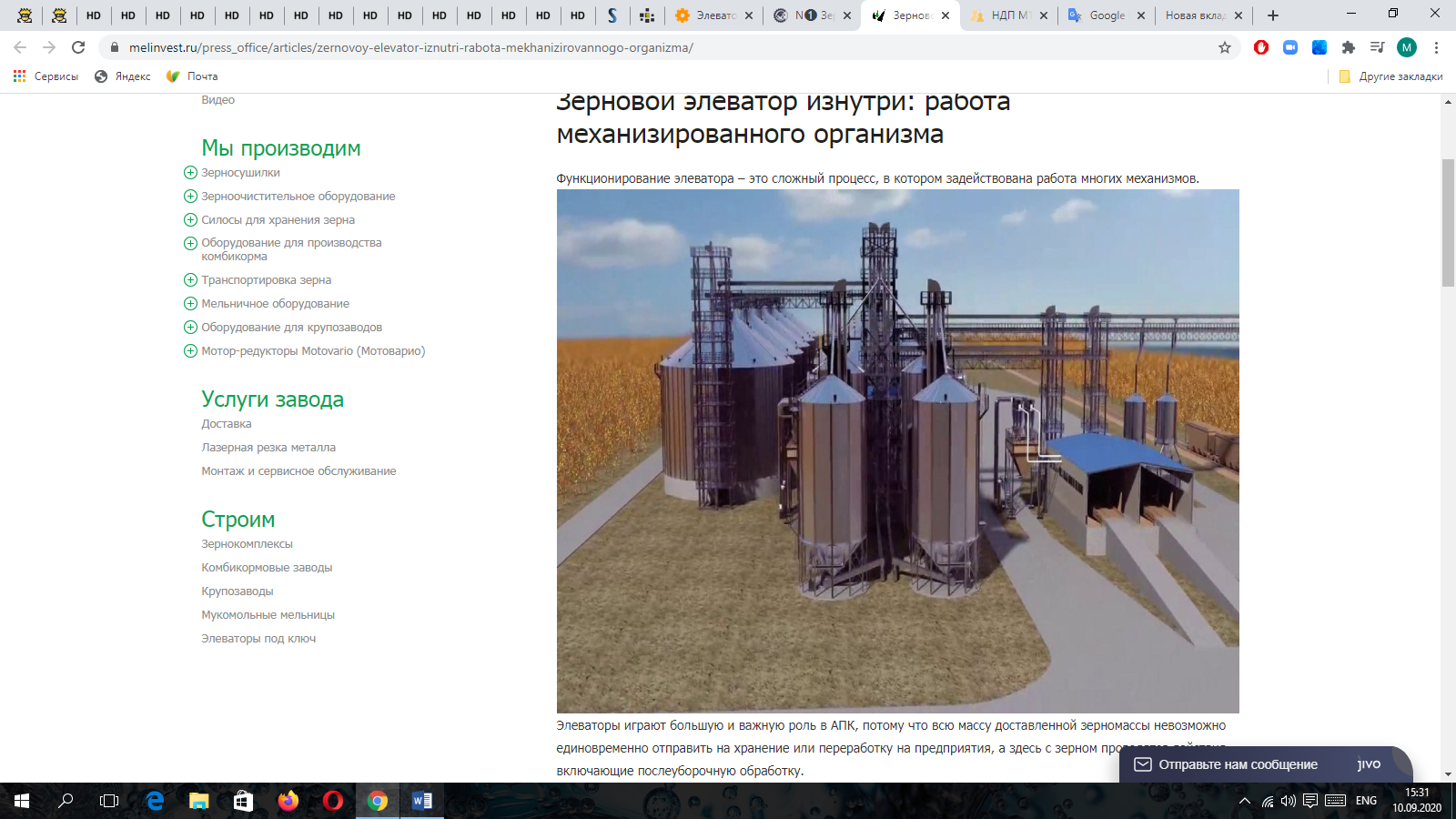


Рис. 3 - Зерновий елеватор

Зерновий елеватор принцип роботи в залежності від свого різновиду і призначенням (модель, рік випуску, тип ємності, розмірів комплексу та інше). наприклад:

1. базисний тип застосовують при довгому терміні зберігання сировини. В даному випадку принцип роботи елеватора зерна застосовує такий спосіб: товар (першої ланки) привозять залізничними коліями. Обов'язково проводиться повторна чистка та сушка сировини. Ємність використовуваних зернових елеваторів становить від 50 до 250 тисяч тонн.
2. перевалочний і портової типи будують там, де проводять завантаження на різні види транспорту, наприклад з порома на потяги, з поїздів на вантажні авіалінії і т.д. іноді в таких типах перевалів первинної сировини і підготовленої продукції, будують додаткові комплекси, на випадок якщо надходить великі партії зернових, а навантаження сировини затримується. Як правило, вони оснащені додатковими сховищами і великими вантажними механізмами.
3. заготівельні типи потрібні для привезе сировини з місць збору, його очищення, сушіння і подальшого призначення відправлень організаціям споживачів. Як правило, ємність таких комплексів елеваторів становить від 15 до 100 тисяч тонн.
4. виробничі типи елеваторів для зерна зазвичай будуються поблизу с крахмалопаточное, комбікормовими, млиновими і круп'яними заводами та іншими. Такі комплекси необхідні для поставки продукції заводам по переробки сировини, щоб роботи з переробки були безперервними. Такі комплекси обов'язково містять спеціальну апаратуру і механізми для підготовки сировини за загальноприйнятими стандартами. Ємність даних комплексів елеваторів становить від 10 до 150 тисяч тонн.

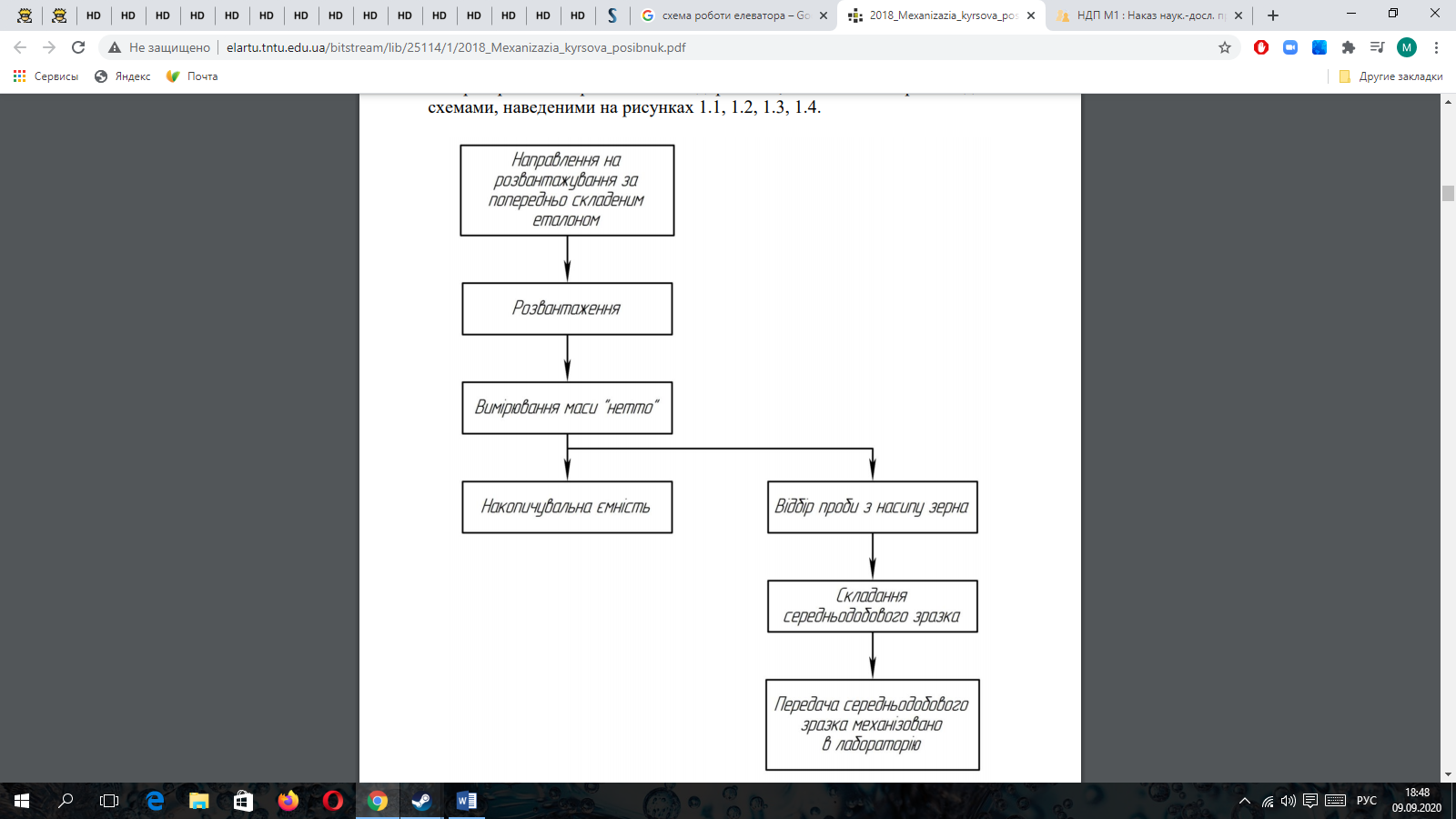


Рис. 4 – Принципова схема процесу приймання зерна від хлібоздавальників з попереднім визначенням якості зерна в господарствах

* 1. **Аналіз обладнання на елеваторі**

Характеристики зерносушарок Brice-Baker

Щоб придбати зерносушарку, перш за все потрібно знати її характеристики. Сушарки Brice-Baker мають такі переваги:

1. висока продуктивність;
2. економічність;
3. екологічність;
4. можливість сушити всі види зернових культур;
5. широкий модельний ряд;
6. безпечність.

Продуктивність сушарок для зерна Brice-Baker досягає 300 т/год – за допомогою такої зерносушарки ви зможете швидше сушити зерно у великих об’ємах.

Економічність. Скільки зерна може обробити сушарка, спалюючи 1 м3 газу? Це не менш важливий фактор, адже за зерносушарку ви платите всього один раз, а ось витрати на паливо залишаються регулярними. Шахтні зерносушарки Brice-Baker забезпечують економію палива до 15%, а електроенергії – до 40%.

Екологічність. Зерносушарки цієї лінійки обладнані системою аспірації, завдяки чому виділяють на 97,85% менше пилу. Що це дає? По-перше, безпека – пил може загорятися не гірше пороху, що може призвести не тільки до загоряння зерна, а й усієї сушарки. По-друге, сушарка не випускає багато пилу назовні, а рівень шуму знижений до 48 дБ, завдяки цьому її можна встановлювати неподалік населених пунктів.

Наявність системи аспірації також дає зерносушаркам Brice-Baker можливість сушити всі види зернових культур. Соняшник і рапс, наприклад, створюють набагато більше пилу, ніж пшениця, що збільшує можливість загоряння. У такому випадку сушити ці культури в зерносушарках Brice-Baker безпечніше.

Широкий модельний ряд Brice-Baker нараховує 115 зерносушарок з потужністю від 9 т/год до 300 т/год. Це означає, що ми підберемо модель для будь-якого замовника згідно його вимог.

Безпека. Сушарки модельного ряду Brice-Baker базово укомплектовані датчиками перегріву (протипожежними), рівня зерна і датчиками вібрації турбовентиляторів. Протипожежні датчики вимикають зерносушарку, як тільки температура в ній перевищує 125 °С, що попереджує займання. Коли турбовентилятори забруднюються, вони починають сильно вібрувати. Про це відповідно повідомляють датчики вібрації. Також звертаємо вашу увагу на те, що:

1. зерносушарки Brice-Baker виготовляються із високоякісної оцинкованої сталі європейського виробництва;
2. сушарки цієї модельної лінійки працюють не тільки на газових пальниках, але й на теплогенераторах, використовуючи альтернативні види палива;
3. у моделей Brice-Baker вільний доступ до вентиляторів, що дає можливість чистити їх по закінченні сезону.

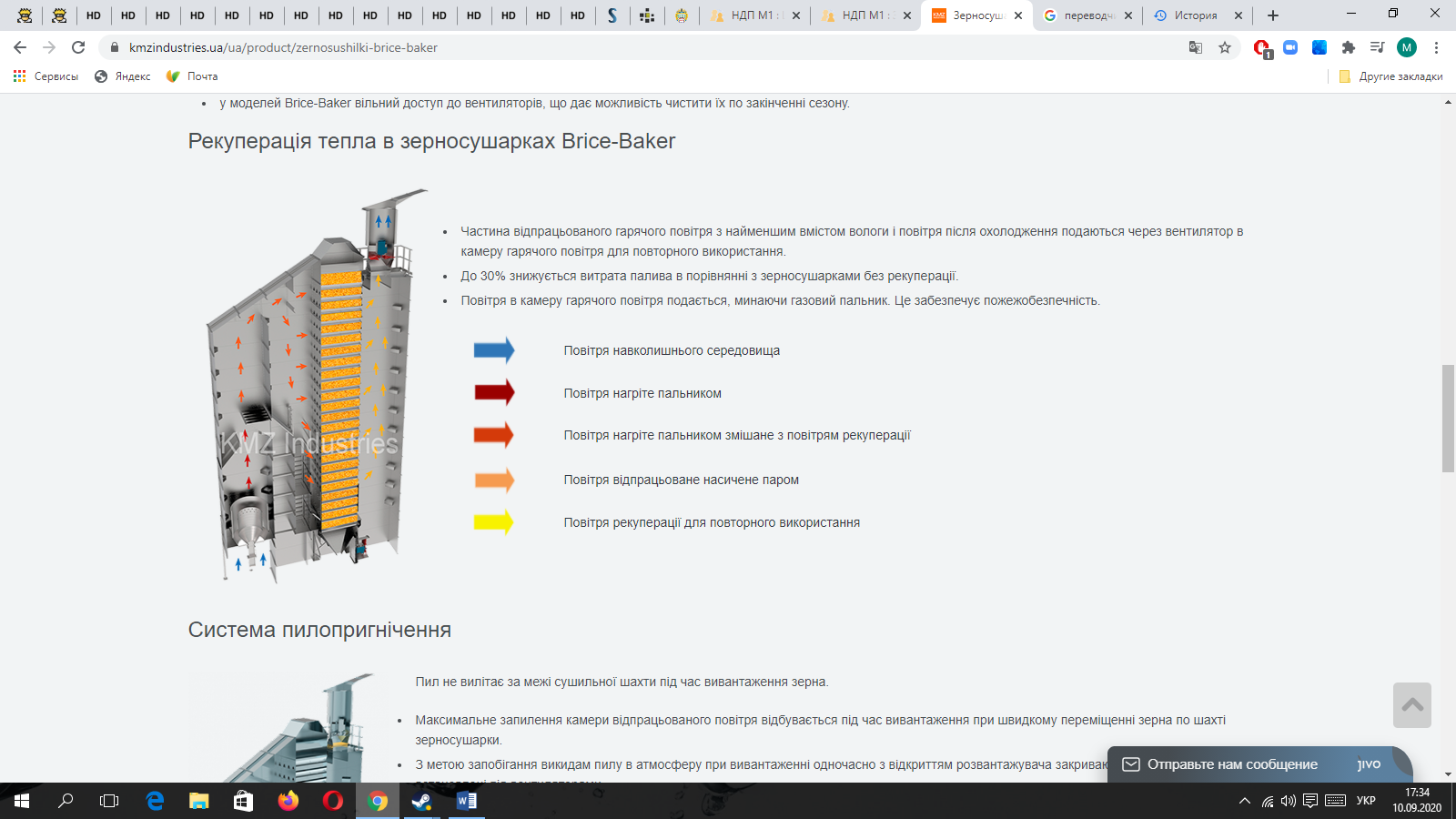
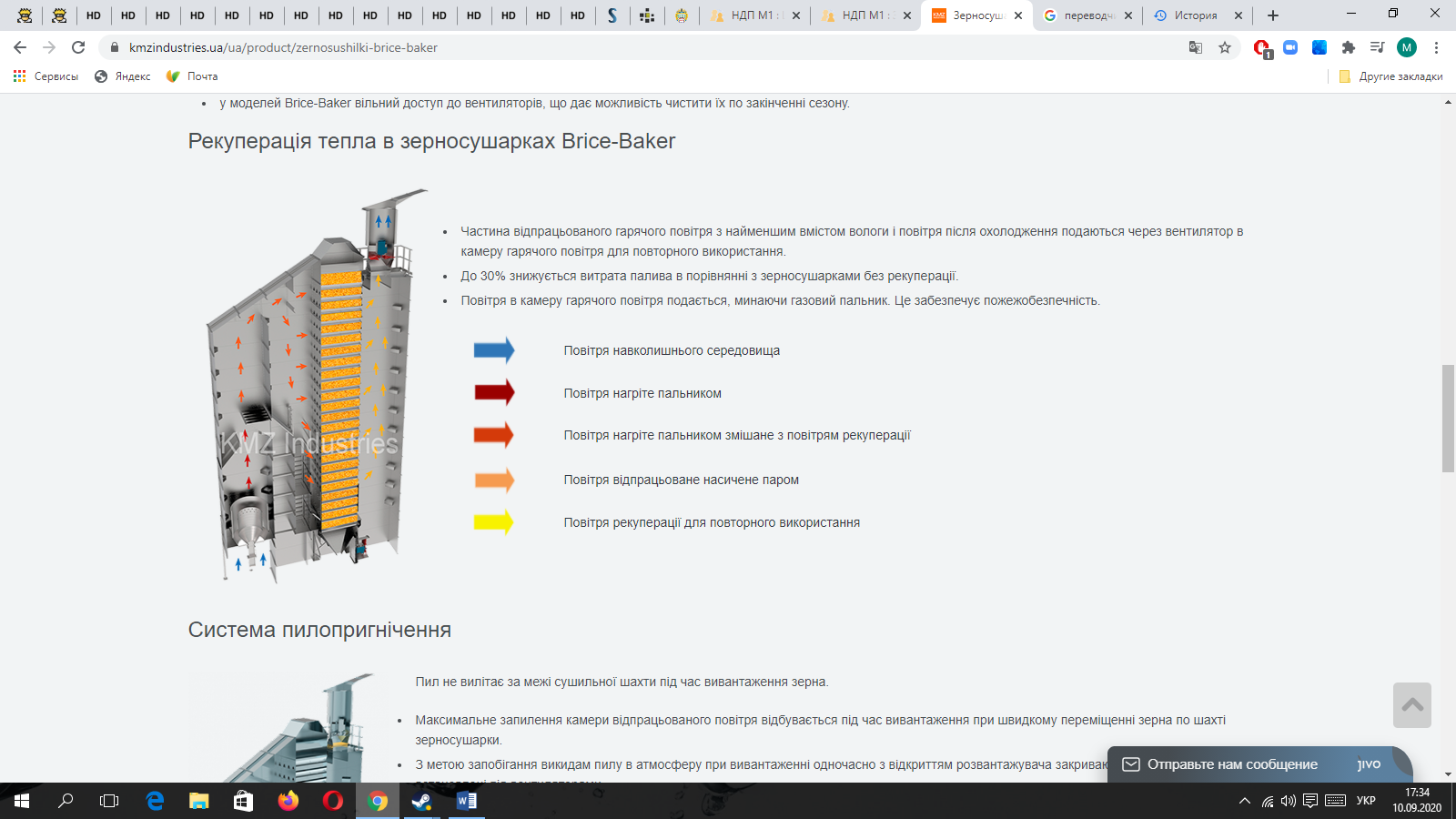
 

Рис.5 - Сушарки для зерна Brice-Baker

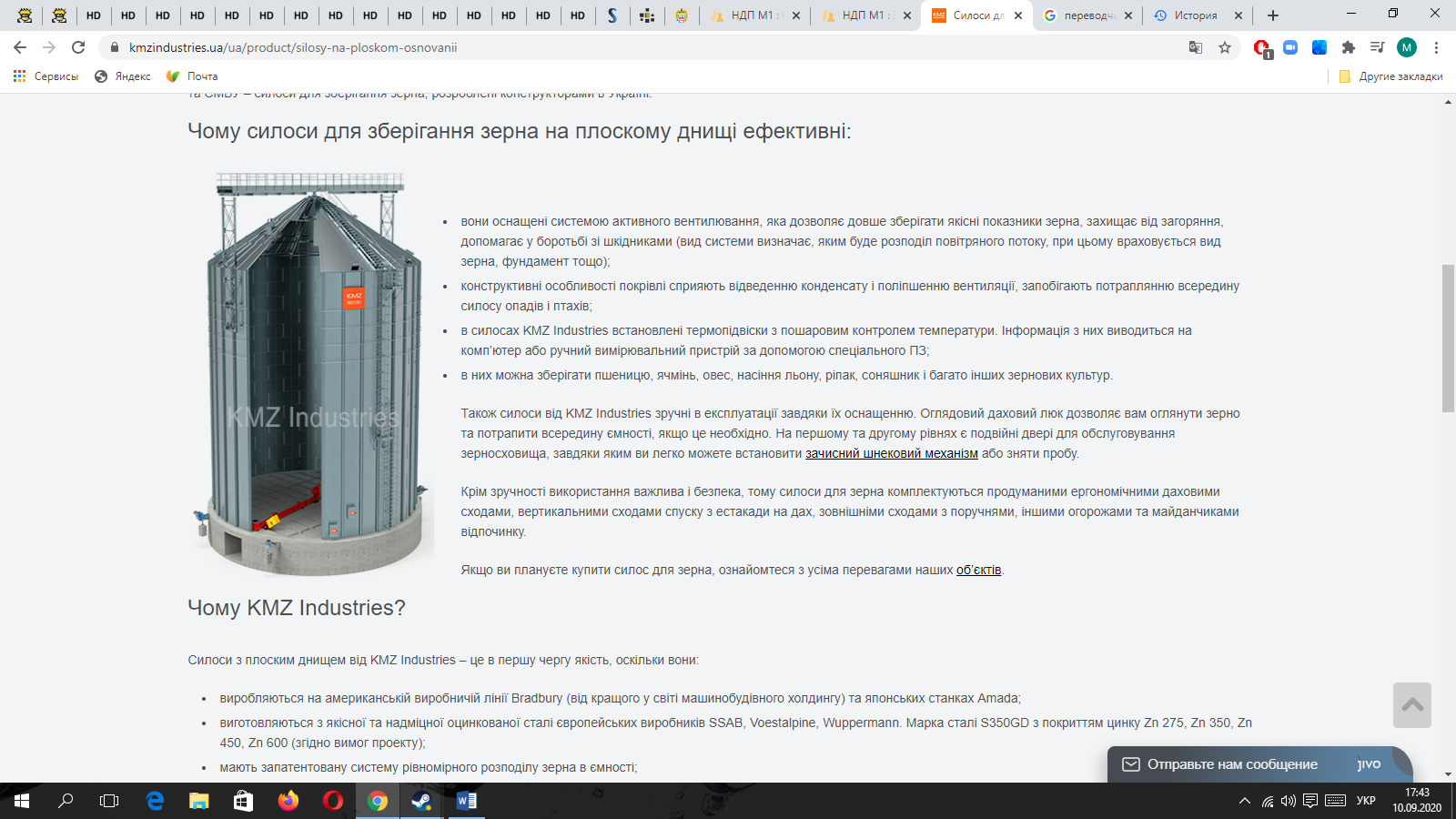


Рис.6 - Силоси з плоским днищем

Чому силоси для зберігання зерна на плоскому днищі ефективні:

-вони оснащені системою активного вентилювання, яка дозволяє довше зберігати якісні показники зерна, захищає від загоряння, допомагає у боротьбі зі шкідниками (вид системи визначає, яким буде розподіл повітряного потоку, при цьому враховується вид зерна, фундамент тощо);

-конструктивні особливості покрівлі сприяють відведенню конденсату і поліпшенню вентиляції, запобігають потраплянню всередину силосу опадів і птахів;

-в силосах KMZ Industries встановлені термопідвіски з пошаровим контролем температури. Інформація з них виводиться на комп’ютер або ручний вимірювальний пристрій за допомогою спеціального ПЗ;

-в них можна зберігати пшеницю, ячмінь, овес, насіння льону, ріпак, соняшник і багато інших зернових культур.

Також силоси від KMZ Industries зручні в експлуатації завдяки їх оснащенню. Оглядовий даховий люк дозволяє вам оглянути зерно та потрапити всередину ємності, якщо це необхідно. На першому та другому рівнях є подвійні двері для обслуговування зерносховища, завдяки яким ви легко можете встановити зачисний шнековий механізм або зняти пробу.

Крім зручності використання важлива і безпека, тому силоси для зерна комплектуються продуманими ергономічними даховими сходами, вертикальними сходами спуску з естакади на дах, зовнішніми сходами з поручнями, іншими огорожами та майданчиками відпочинку.

**2 ВИБІР КОНСТРУКТИВНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПІДІГРІВНИКА РЕЦИРКУЛЯЦІЙНОЇ ЗЕРНОСУШАРКИ**

**2.1 Протитечний конвективний підігрівник рециркуляційної зерносушарки**

Протиточний конвективний підігрівач рециркуляционной зерносушарки, що містить приймальний бункер з живильником, наприклад, лопатевого типу і підключену до нього шахту прямокутного перетину з закріпленими на її стінках бічними і центральними зустрічно нахиленими полками, що утворюють два каскаду для низхідного переміщення матеріалу в противотоке з теплоносієм; відрізняється тим, що, з метою інтенсифікації тепломасообміну, підвищення економічності, надійності і забезпечення автоматичної підтримки співвідношення свіжого і рециркулюючого зерна, полки виконані неповоротними і кожна з них складається з двох ділянок, вхідний з яких виконаний суцільним, а вихідний - у вигляді поперечних смуг, встановлених з зазором, що збільшується в напрямку переміщення зерна, і що примикають під кутом 10-15 ° до площини суцільного ділянки, бункер розділений поздовжньої перегородкою на секції свіжого і рециркулюючого зерна і живильник встановлений з можливістю обертання в напрямку від першої секції до другої.

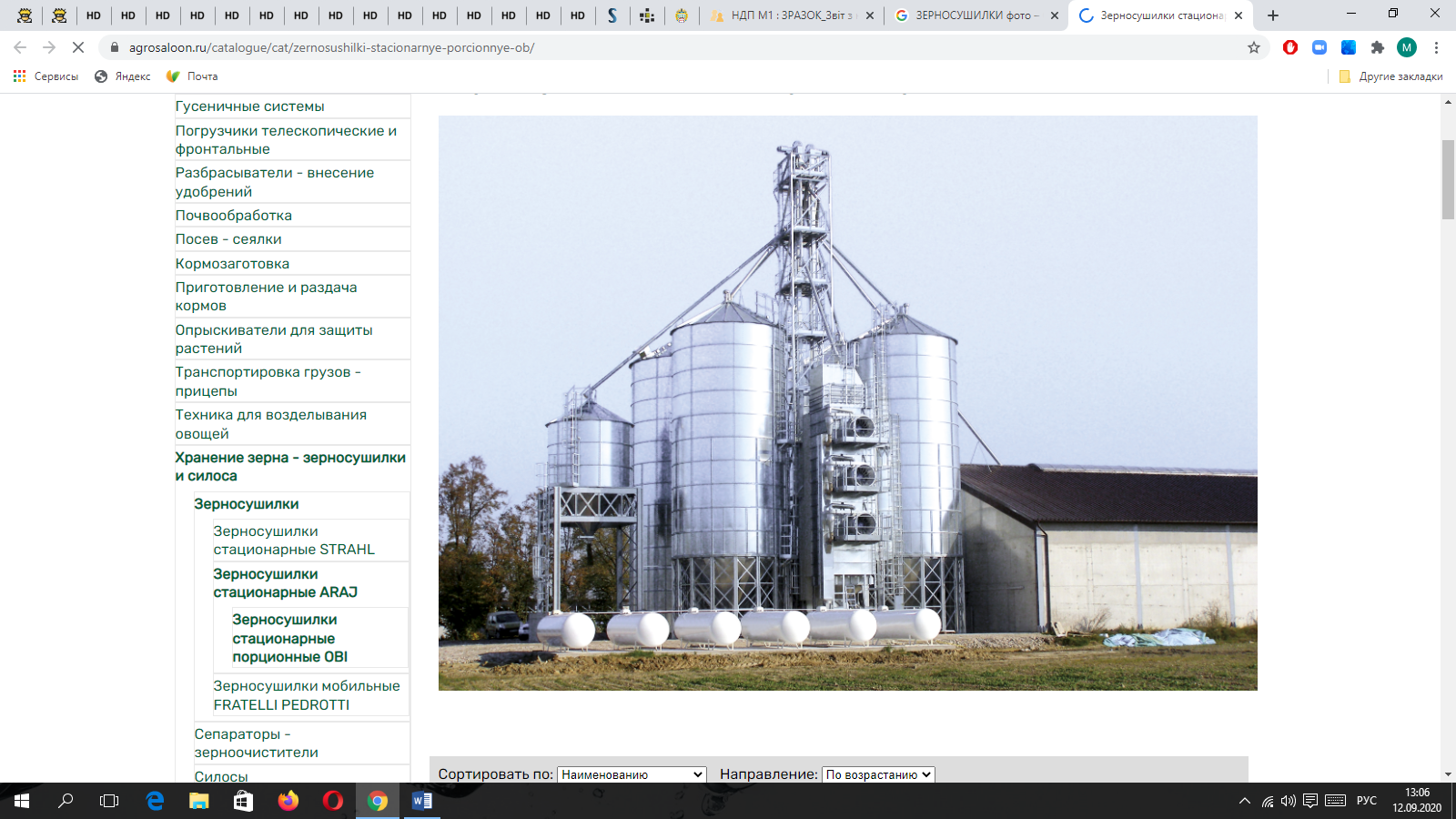


Рис 7 - Зерносушилки стаціонарні порційні OBI

**2.2 Протитоковий конвективний підігрівник для рециркуляційної зерносушарки**

Протиточний конвективний підігрівач для рециркуляционной зерносушарки, що містить прямокутну шахту з каскадом похилих полиць, що мають суцільний і гратчастий ділянки, живильник, роздільник зернового потоку і патрубки для введення і виведення теплоносія, що відрізняється тим, що, з метою підвищення надійності, живильник виконаний у вигляді похилого трапецеидального лотка, розміщеного збоку шахти і забезпеченого регульованими ромбічними розсікачами, суцільні ділянки полиць виконані сферичними, роздільник потоку має полусфсріческую поверхню і забезпечений вікнами, розділовими сегментними перегородками, а патрубок для виведення теплоносія розміщений по осі корпусу.



Рис. 8 - Зерносушилки BONFANTI

**3 МЕТОДИКА ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**3.1 Програма теоретичних досліджень**

Елеватори представляють собою комплекс споруд, до складу яких можуть входити: робочу будівлю, силосні корпуси, пристрої для навантаження і вивантаження зерна, зерносушарки і ін. На територіях діючих підприємств будують елеватори з повним або скороченим комплексом споруд. Широко поширене будівництво силосних корпусів, що прив'язуються до робочих будівель діючих елеваторів. Силосні залізобетонні корпусу (ємності) місткістю від 11,2 до 48,0 тис. Тонн компонують з силосів двох типів: квадратних збірної конструкції розміром 3х3 по осях стін і круглих монолітних діаметром 6 і 9 метрів або збірних діаметром 6 метрів, висота зазвичай 30 метрів . Квадратні силоси мають у своєму розпорядженні по ширині в шість, вісім і дванадцять рядів, а круглі - в три, чотири і шість рядів. Металеві силоси місткістю 2,55 і 3,0 тис. Тонн, діаметром 18 метрів, висотою 11,9 і 15 метрів, мають у своєму розпорядженні послідовно в один ряд (по 2 ... 4 силосу) . Силоси зблоковані з робочим будівлею, де розміщено основне технологічне і транспортне устаткування. Зерно з приймальних бункерів піднімають транспортерами або вертикальними підйомниками (норіями) на верх робочої будівлі, зважують, очищають від домішок, сушать в зерносушарках і направляють по верхньому конвеєру на надсилосні транспортери, які скидають його в силоси. Вивантажують зерно на нижні конвеєри (їх встановлюють в підсилосного поверсі) через отвори з воронками в днищах силосів. Частина силосів обладнали установками для дезінфекції зерна і активного вентилювання. Температуру зерна вимірюють Термопідвіски, що встановлюються на різних рівнях.

Залежно від призначення елеватори поділяють на:

-хлібоприймальне або заготівельні (приймають зерно від господарств, очищають від домішок, сушать і відвантажують споживачеві; ємність 15-100 тис. т);

-виробничі (споруджують при млинах, круп'яних, комбікормових, крохмалепатокових заводах і. т. п .; 10-150 тис. т);

-базисні (призначені для тривалого зберігання зерна, прийнятого з ж / д транспорту і відвантажується в ж / д вагони; 100-150 тис. т);

-перевалочні і портові (будують в місцях перевалок зерна з одного виду транспорту на інший - на великих ж / д станціях, в морських портах; 50-100 тис. т).

За кордоном поширені також прямокутні в плані елеватори з силосами більшого діаметра (до 30 м) і висоти (до 60 м), виконаними з металу (сталь, алюміній). У Росії поширені робочі вежі елеватора заввишки 53-60 метрів, а силосні корпуси висотою 43 метра.

Склад елеватора :

- вагова;

- приймальне відділення (для вивантаження ж / д або автотранспорту), являє собою завальну яму різного об'єму проїзного або непроїзними типу;

- робоча вежа, в ній розташовуються машини для попередньої, первинної і, при необхідності, вторинної очищення зерна, а також система аспірації для очищення від легких домішок;

- сушильне відділення, включає в себе ємності для накопичення вологого і сухого матеріалів, а також необхідну кількість сушарок різного виконання з пальниками під потрібний вид палива;

- відділення зберігання, в сучасному елеваторі є силоси (банки) необхідної місткості, розташовані або в один ряд, або в кілька взаємопов'язаних рядів, що дозволяє зберігати різні культури або сорти одних і тих же культур в одному елеваторі;

- відділення відвантаження, як правило, представляють собою систему бункерів-хоперів для відвантаження на ж / д або автотранспорт;

- Транспортні засоби для пов'язує всі маршрути елеватора (норіями і транспортерами різних видів і модифікацій);

- металоконструкції (норійні вишки і транспортні мости і галереї);

- системи електрики і автоматизації, включають в себе шафи управління, частотні перетворювачі, датчики, електро-кабельну продукцію, освітлення і т. д .;

- адміністративно-побутовий корпус, лабораторія, пожежний резервуар і інші, необхідні за нормативами, будівлі та споруди .

**3.2 Характеристика об'єкту досліджень**

Сушіння зерна є одним із завершальних технологічних етапів виробництва зерна для доведення продукції до вимог, визначених у стандартах якості. Проте процес сушіння зерна стає все дорожчим. З підвищенням цін на енергоносії зростають собівартість сушіння на підприємствах та тарифи на відповідні послуги елеваторів. Тож необхідно на підставі економічних розрахунків визначати доцільність використання послуг спеціалізованих складів чи самостійного сушіння зерна. Незважаючи на посушливі погодні умови, що проявляються останніми роками, в країні потребує сушіння понад половина врожаю, а на півночі та заході України — понад дві третини зібраного збіжжя. Зростання вартості енергоносіїв призводить до подорожчання послуг елеваторів із сушіння зерна. Тому економічно більш привабливими енергоносіями для сушарок зерна є природний або скраплений газ. Проте не всі елеватори мають сучасні сушарки зерна, здатні якісно просушувати зерно за помірними тарифами. Більшість незалежних складів продовжує використовувати обладнання, що давно відпрацювало амортизаційні терміни, є морально та фізично застарілим.

Відтак аграрії вимушені розглядати можливості самостійного доведення врожаю до необхідних кондицій. Окрім прямих витрат на сушіння зерна, виробникам зерна дорого обходиться доставка продукції до елеватора та простоювання автотранспорту в чергах. Непоодинокі випадки завищення на елеваторах вологості та засміченості зерна. Не на користь виробників і знеособлене зберігання зерна. Загалом всі ці фактори призводять до додаткових фінансових витрат сільськогосподарських підприємств.

Сучасні сушарки зерна необхідно мати у разі виробництва широкого спектра зерна і олійного насіння з різною вологістю та строками збирання. До того ж при застосуванні високопродуктивних комбайнів на токи одночасного надходять великі обсяги зерна. Запровадження нових методів сушіння зерна із використанням невеликих зерносушарок є актуальним для нових власників агропідприємств та фермерів. На вітчизняному ринку сформувалася велика пропозиція сушильного обладнання, що здатне задовольнити найвибагливіших покупців. Установка недорогої сучасної сушарки зерна у сільгосппідприємстві з площею від 2 тис. га під зерновими та олійними культурами дасть змогу суттєво знизити собівартість продукції. Тож аграріям залишається прийняти відповідні рішення.

**Висновки за розділом:**

Сушіння зерна є основним процесом у технології післязбиральної обробки зерна, який впливає на тривалість зберігання та собівартість зібраного врожаю. Тож процесам доведення зерна до вимог державних стандартів необхідно приділяти належну увагу, адже від якості їхнього проведення залежатиме ціна зерна під час його реалізації.

Сушіння зерна на власному обладнанні є економічно вигіднішим порівняно з отриманням зовнішніх послуг. Бажаним при зростанні внутрішніх витрат є придбання нового зерносушильного обладнання або реконструкція наявного. Ефективними при цьому вважаються проекти з терміном окупності до трьох років.

**4 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕВАТОРНИМ КОМПЛЕКСОМ**

Сучасне сільськогосподарське виробництва має тенденцію до постійного зростання потужностей, підвищення кількості і якості проміжної та кінцевої продукції, прогресуючого дефіциту та консерватизму робітників, сумісного функціонування систем керування різних поколінь. Найпопулярнішим, а не рідко єдиним, способом вирішення цих проблем – комплексна механізація, електрифікація та автоматизації виробництва . Вітчизняна та зарубіжна наука дозволила розробити засоби для повної механізації та електрифікації технологічних процесів (ТП) елеваторних комплексів . В свою чергу, самі технологічні процеси характеризуються послідовністю, яка визначається на етапі проектування. Принципові схеми елеваторних комплексів (ЕК) відбивають взаємний зв'язок основних машин, оперативних бункерів та силосів для зберігання зерна . Оперативні бункери використовують для включення у потік обладнання періодичної дії (ваги), або для обладнання, яке відрізняється по продуктивності від основного . Технологічні схеми ЕК характеризуються великою кількістю транспортних маршрутів, що призводить до необхідності розв’язання низки транспортних задач, які потребують динамічної зміни вагових коефіцієнтів в залежності від вхідних даних (власник, призначення партії, вид, культура та ін.). Необхідно підкреслити, що отриманий розв’язок цих задач повинен узгоджуватись із АСК, яка забезпечить реалізацію маршруту, його контроль, моніторинг технологічного процесу та стану технологічного обладнання. Тому постає задача, обґрунтування математичного та функціонального забезпечення системи керування елеваторним комплексом.

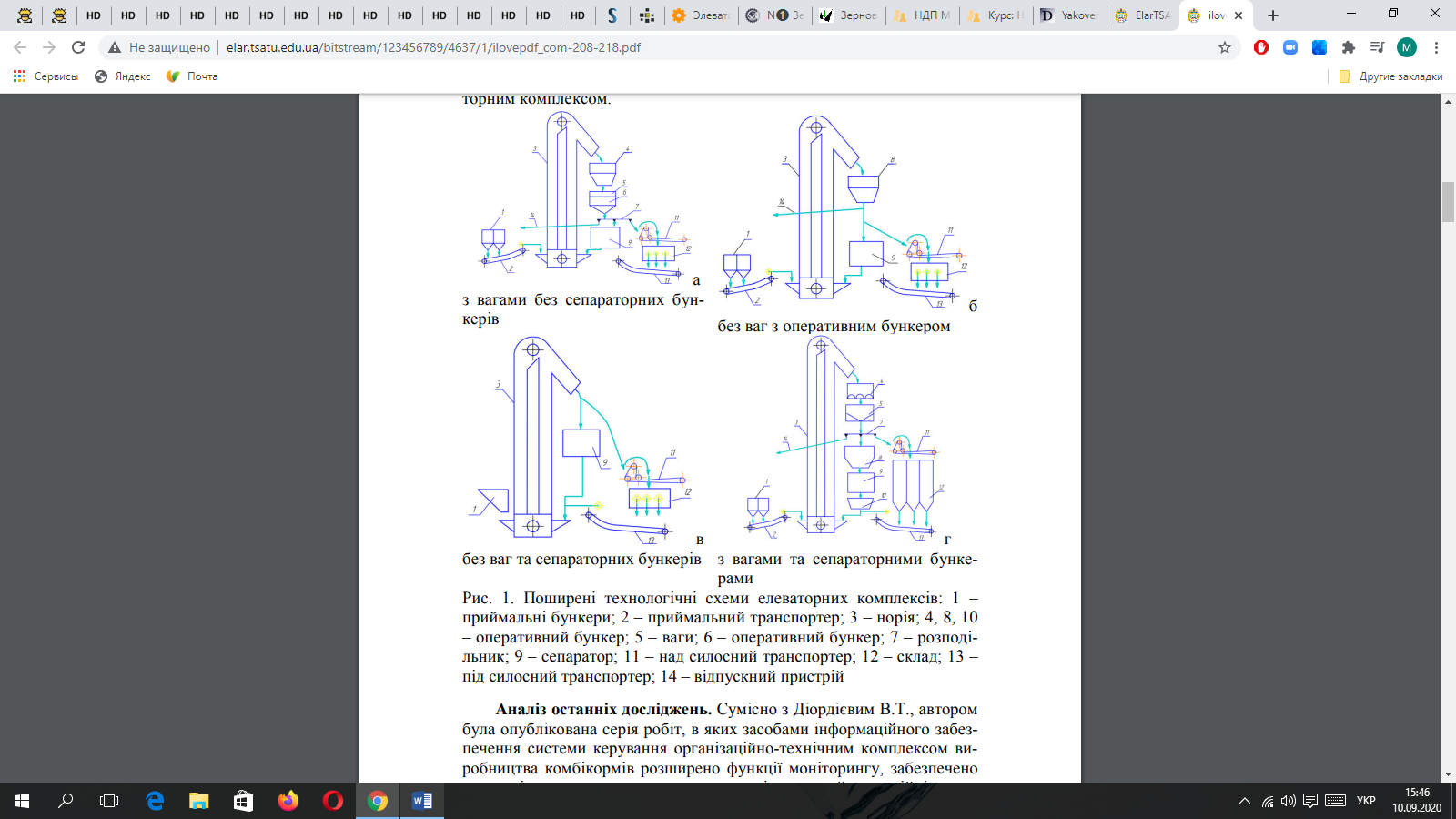
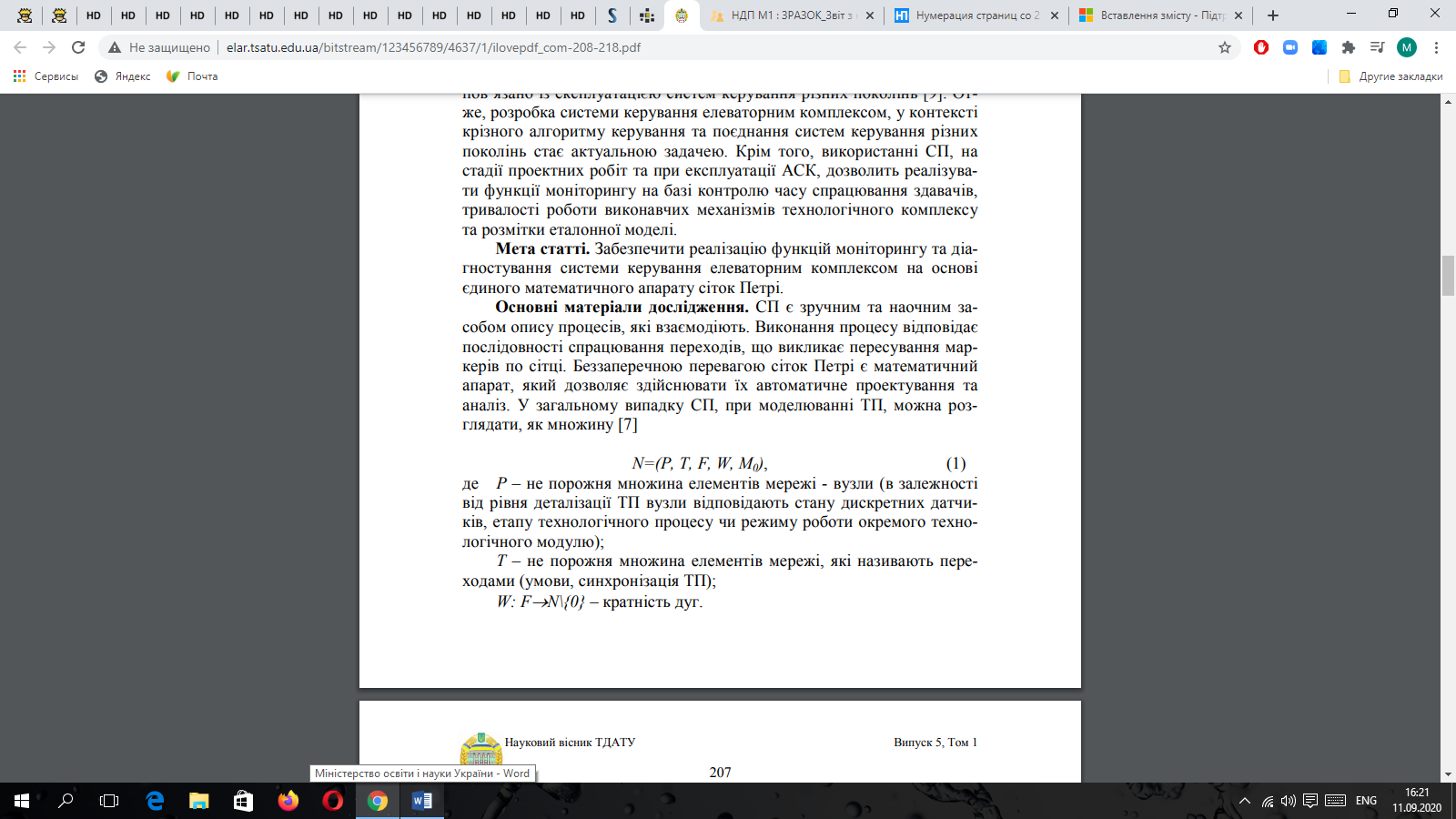


Рис. 9 - Поширені технологічні схеми елеваторних комплексів: 1 – приймальні бункери; 2 – приймальний транспортер; 3 – норія; 4, 8, 10 – оперативний бункер; 5 – ваги; 6 – оперативний бункер; 7 – розподільник; 9 – сепаратор; 11 – над силосний транспортер; 12 – склад; 13 – під силосний транспортер; 14 – відпускний пристрій

Основні матеріали дослідження. СП є зручним та наочним засобом опису процесів, які взаємодіють. Виконання процесу відповідає послідовності спрацювання переходів, що викликає пересування маркерів по сітці. Беззаперечною перевагою сіток Петрі є математичний апарат, який дозволяє здійснювати їх автоматичне проектування та аналіз. У загальному випадку СП, при моделюванні ТП, можна розглядати, як множину



де P – не порожня множина елементів мережі - вузли (в залежності від рівня деталізації ТП вузли відповідають стану дискретних датчиків, етапу технологічного процесу чи режиму роботи окремого технологічного модулю);

T – не порожня множина елементів мережі, які називають переходами (умови, синхронізація ТП);

W: F→N\{0} – кратність дуг.

:P→N – початкова розмітка (початковий стан технологічного модулю у ТП). Кожному вузлу р∈Р відповідає задана кількість маркерів М0(р)∈N, що відображає стан.

– відношення інцидентності, для (P, T, F) наступні умови:

1.Р∩Т=∅ (множина вузлів та переходів не перетинаються: датчики, ТМ та інше обладнання мають своє походження; умови спрацювання ТМ чи переходу на новий технологічний етап мають різне походження);

2.(F≠∅)∧(∀x∈P∪T, ∃y∈P∪T: xFy∨yFx) (будь-який елемент мережі інцедентений хоча б одному елементу іншого типу, тобто перехід на новий технологічний етап виконується тільки при виконанні умов, які фіксують спрацюванням датчиків, і будь-який датчик в ТП впливає його виконання);

3.для довільного елементу мережі (датчика, ТМ) х∈Х позначити через \* х множини вхідних елементів {y| yFx}, а через х \* - множину вихідних компонентів {y| хFу}, то ∀р1, р2∈Р: (\* р1= \* р2)∧( р1 \*= р2 \* )⇒(р1= р2) (мережа не містить пари вузлів, котрі інцидентні однієї і тієї ж множині переходів).

За раніше представленою методикою [6, 9], стає можливим розробка автоматичної системи керування елеваторним комплексом на основі сіток Петрі (рис. 2). Представлена модель включає наступні функції системи керування: пошук порожнього бункеру; керування маршрутом; попередня обробка зернового матеріалу. Представлена модель (рис. 2) є моделлю верхнього рівня, яка не здійснює керування технологічними машинами та виконавчими механізмами. На ній представлено лише етапи ТП. Для представлення послідовності спрацювання виконавчих механізмів та реакції датчиків достатньо використовувати прості нерозгалужені моделі. Для автоматичної побудови системи керування на основі СП пропонується використовувати об’єктна-орієнтовну технологію [4, 12]. Такий підхід обумовлено наступними обставинами:

- однотипне технологічне обладнання (транспортери, заслінки) та елементи технологічної схеми (бункери різного призначення) здебільшого мають дискретний характер роботи;

- Петрі-об’єкти володіють усіма властивостями звичайного об’єкту (як елемента об’єктна-орієнтованого програмування): імітують функціонування об’єкту на основі сіток Петрі; виступають в якості конструктивних елементів, з котрих складається складна модель. Зв'язок Петрі-обєктів здійснюється двома способами

1. за допомогою загальних вузлів (загальний вузол є вузлом сітки Петрі кількох різних Петрі-обєктів);

2. за допомогою ініціалізації подій (з переходу сітки Петрі об’єкту при кожному виході маркерів з переходу передаються маркери у вершину об’єкта у визначеній кількості).

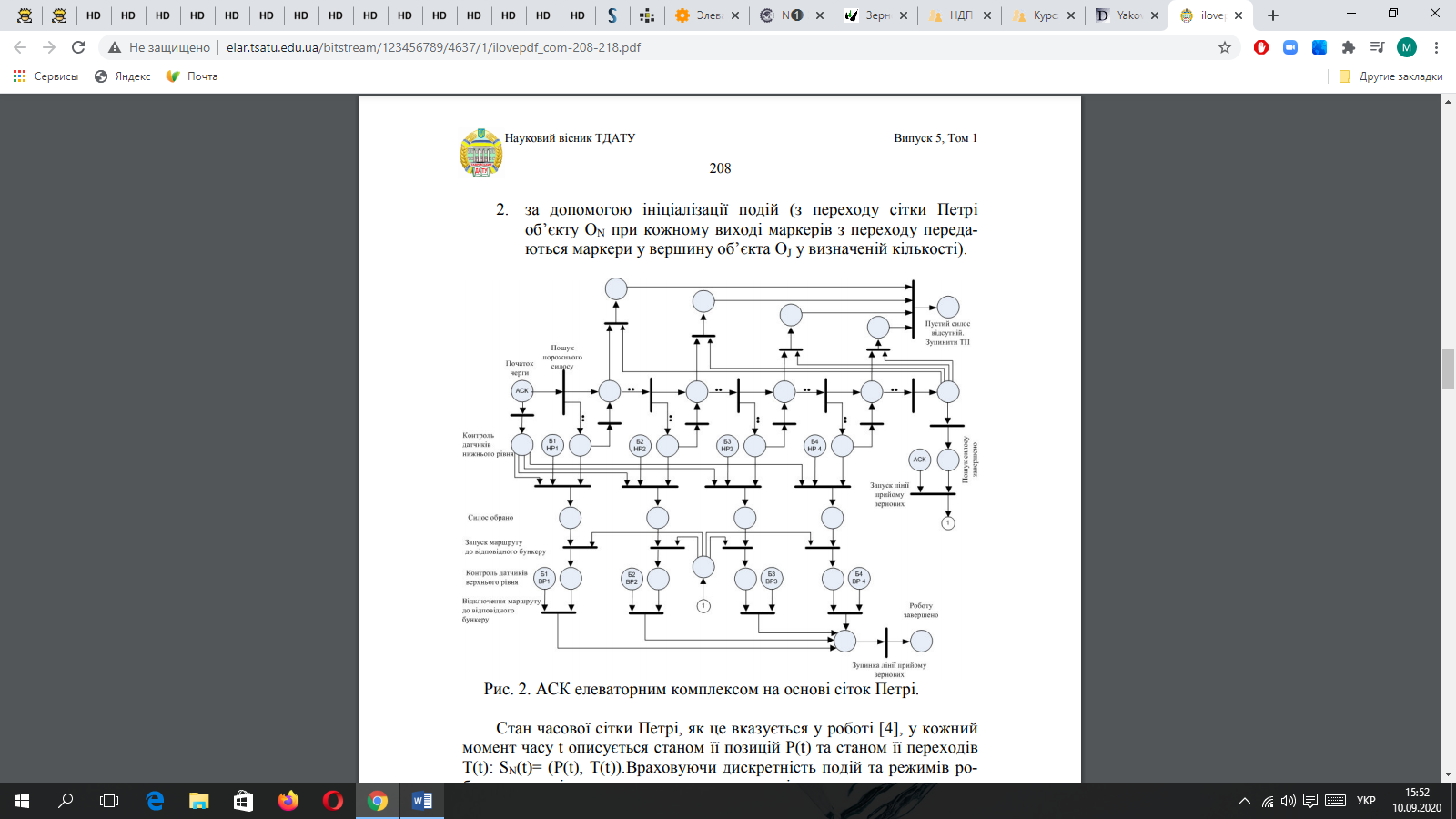
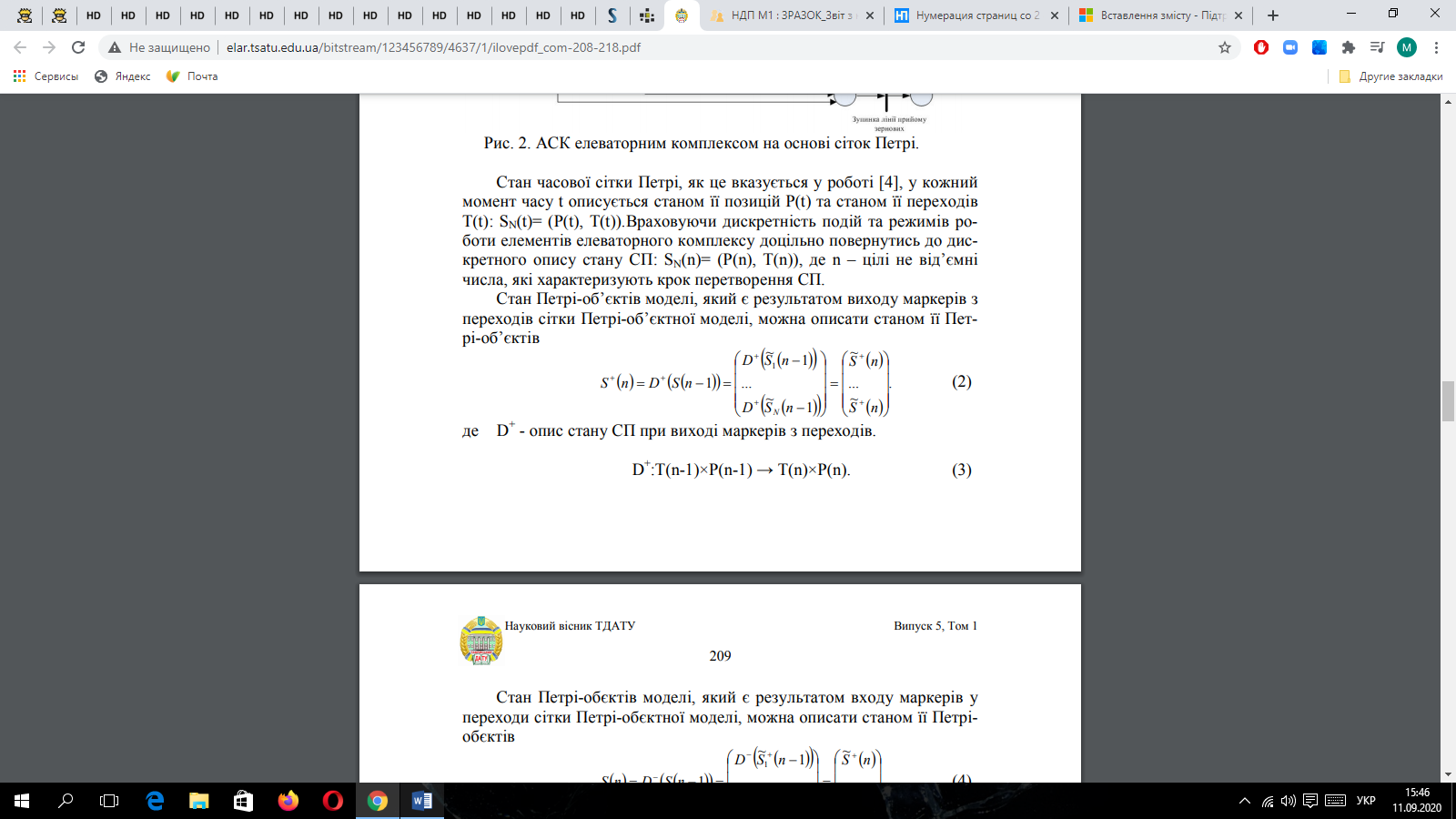
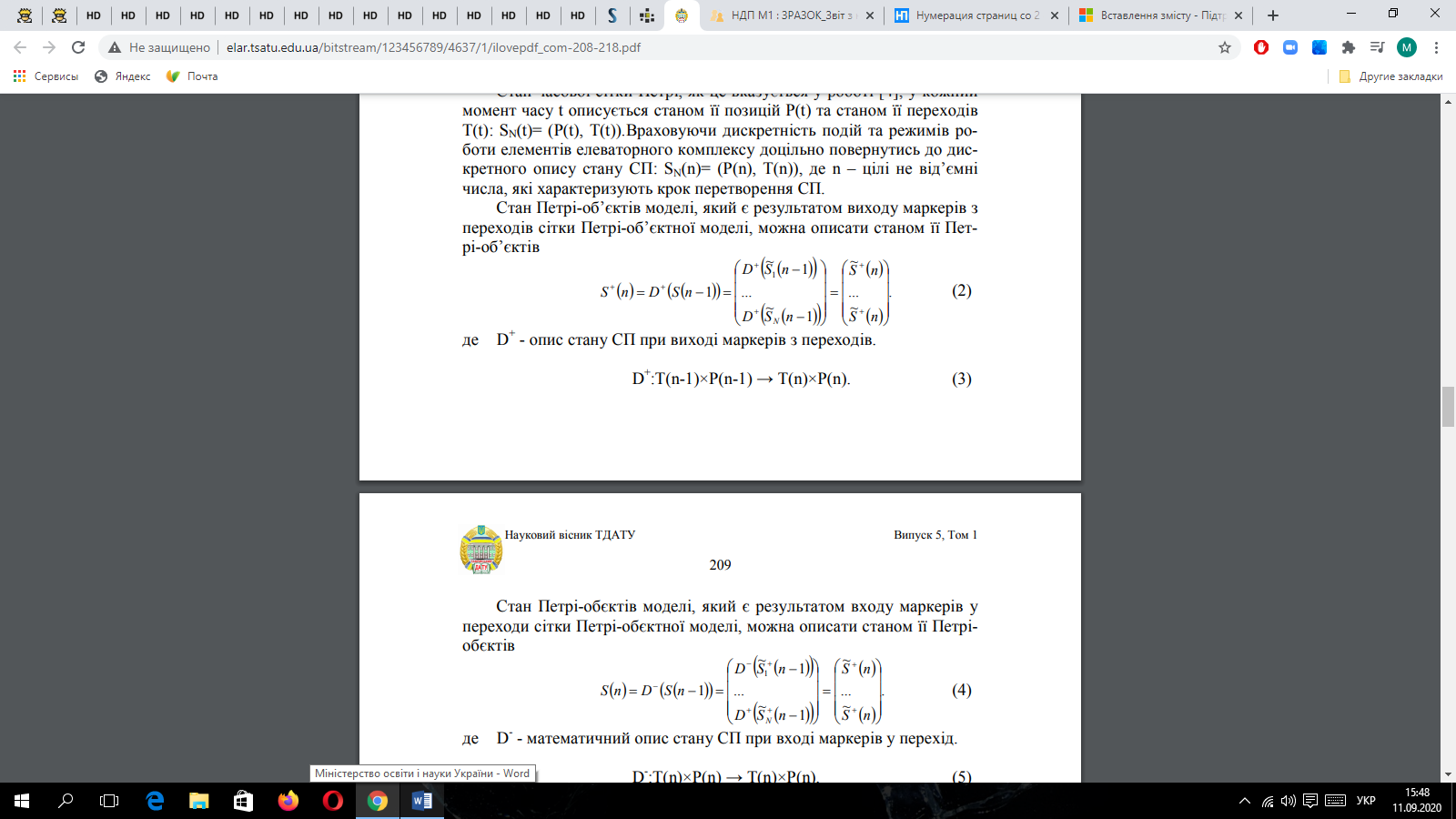


Рис. 10 - АСК елеваторним комплексом на основі сіток Петрі.

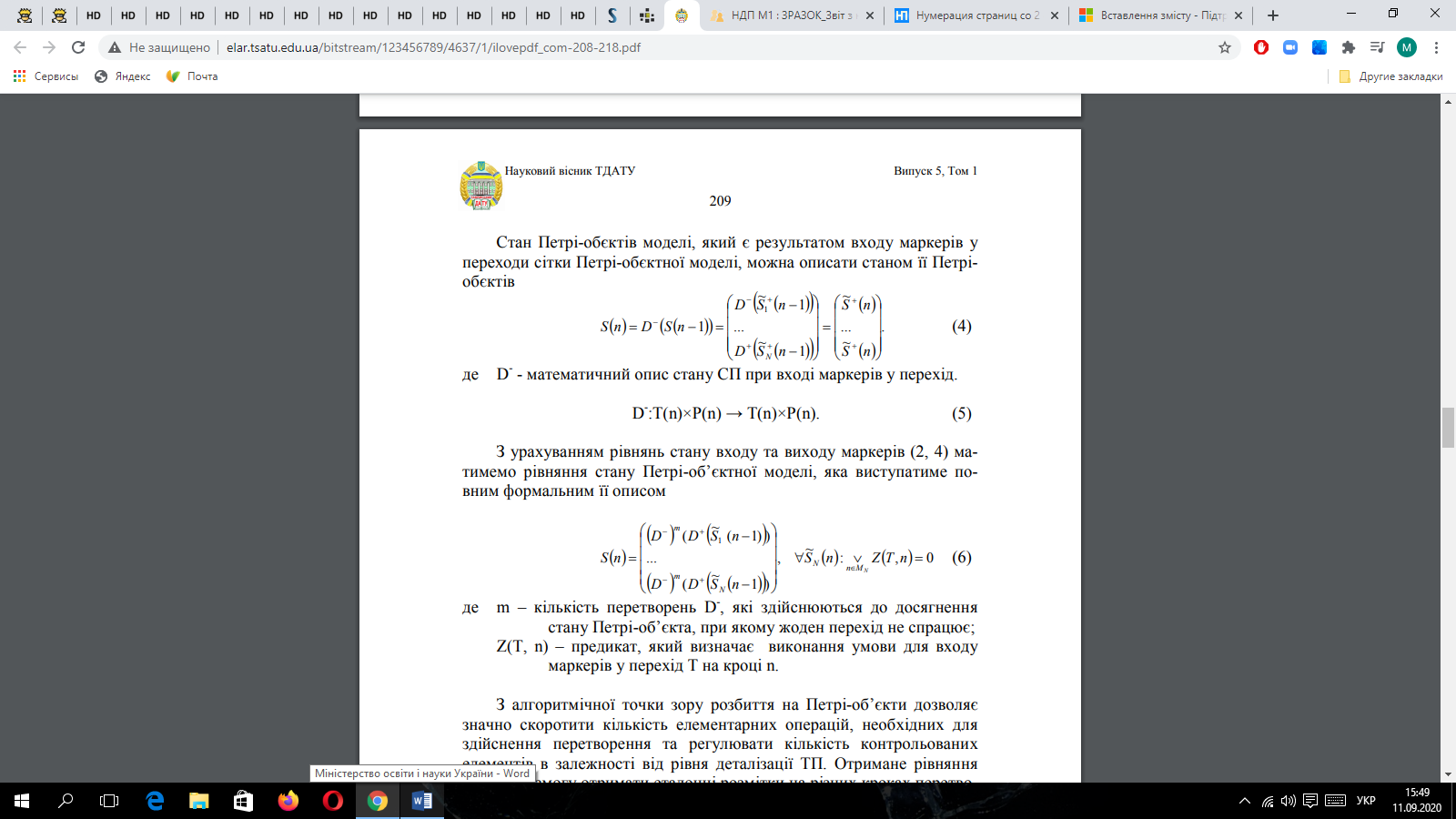
Стан часової сітки Петрі, як це вказується у роботі [4], у кожний момент часу t описується станом її позицій Р(t) та станом її переходів T(t): (t)= (Р(t), Т(t)).Враховуючи дискретність подій та режимів роботи елементів елеваторного комплексу доцільно повернутись до дискретного опису стану СП: (n)= (Р(n), Т(n)), де n – цілі не від’ємні числа, які характеризують крок перетворення СП. Стан Петрі-об’єктів моделі, який є результатом виходу маркерів з переходів сітки Петрі-об’єктної моделі, можна описати станом її Петрі-об’єктів



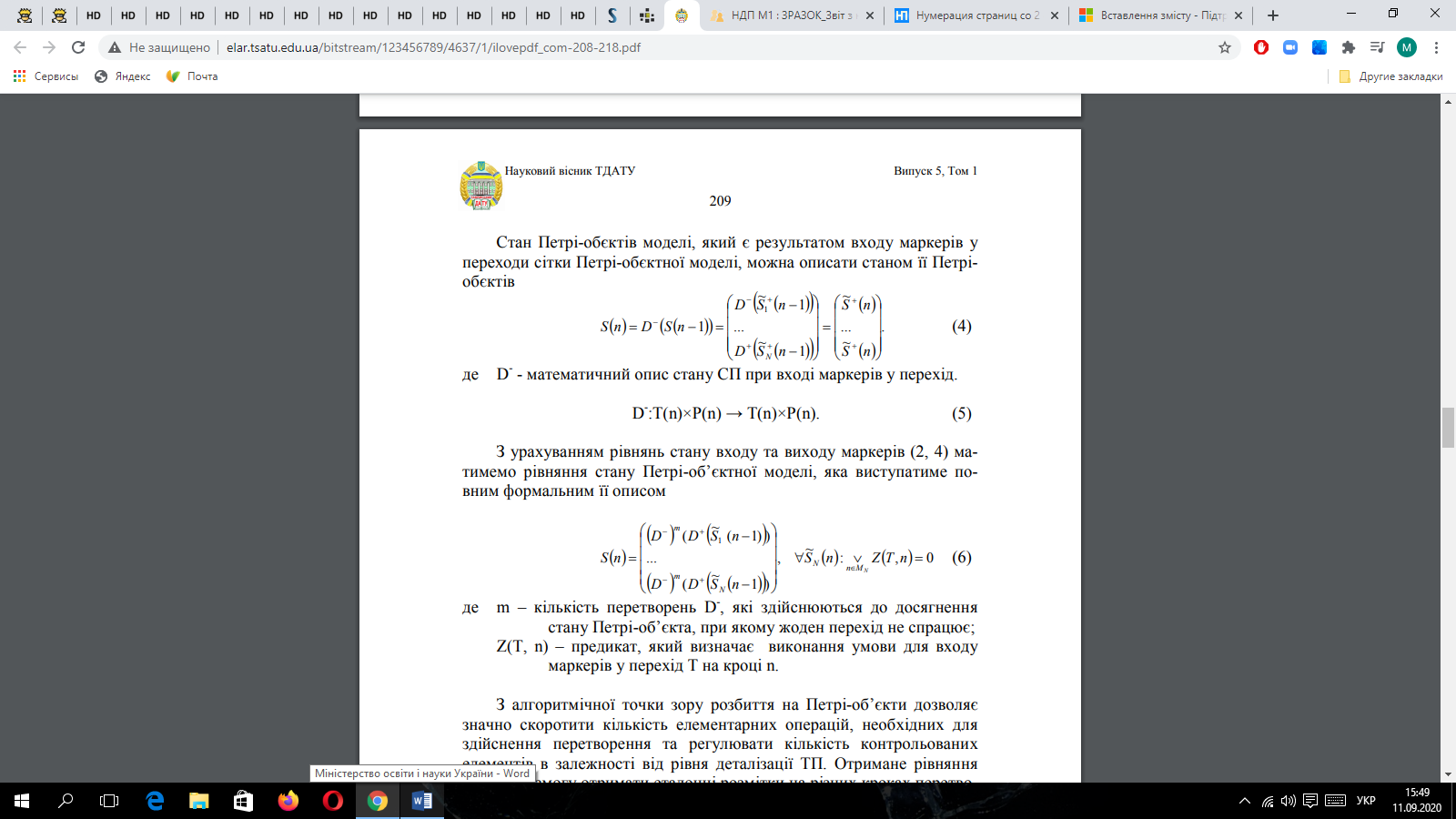
де - опис стану СП при виході маркерів з переходів.



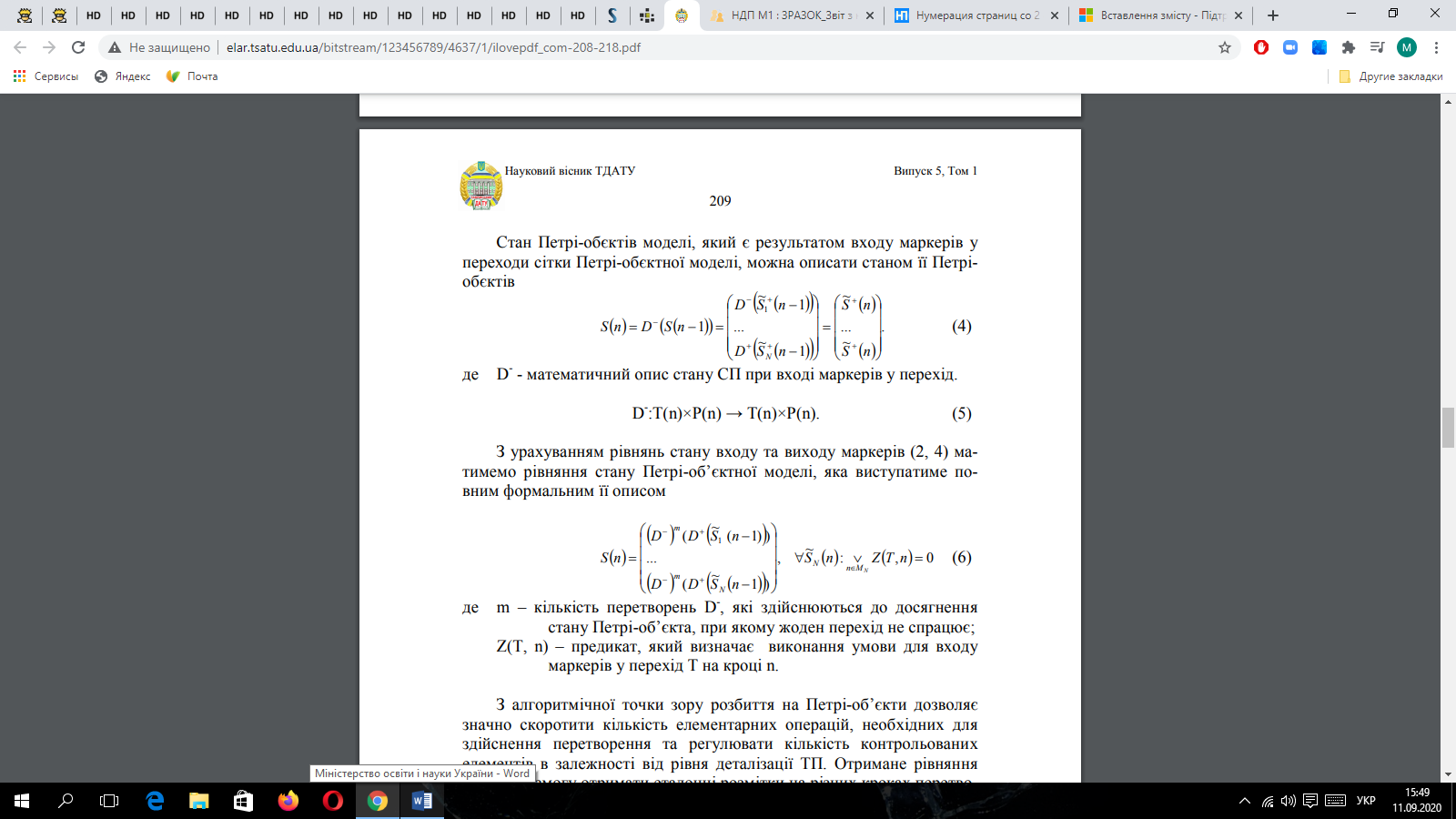
Стан Петрі-об'єктів моделі, який є результатом входу маркерів у переходи сітки Петрі-об’єктної моделі, можна описати станом її Петрі-об’єктів.



де - математичний опис стану СП при вході маркерів у перехід.

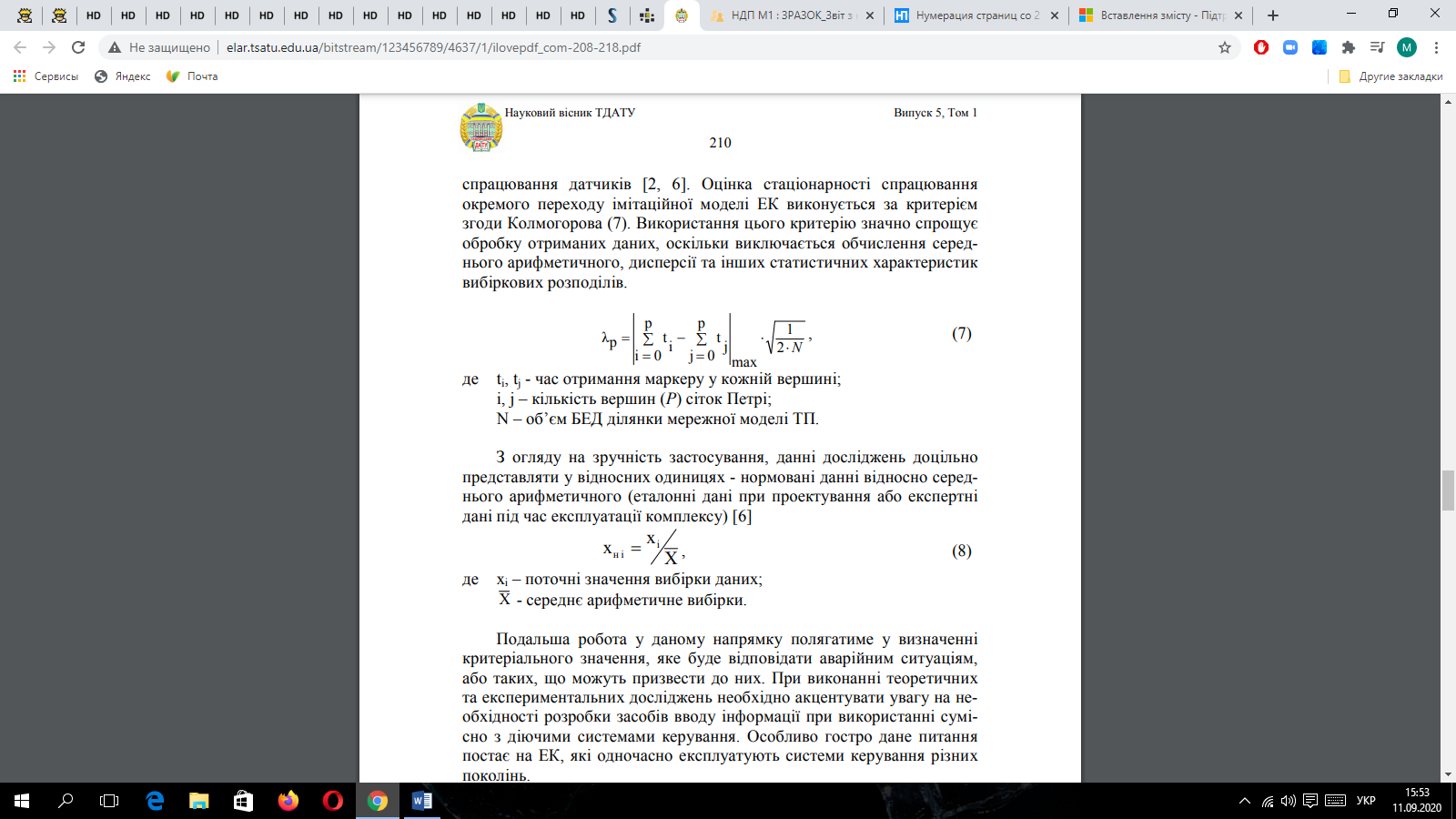


З урахуванням рівнянь стану входу та виходу маркерів (2, 4) матимемо рівняння стану Петрі-об’єктної моделі, яка виступатиме повним формальним її описом



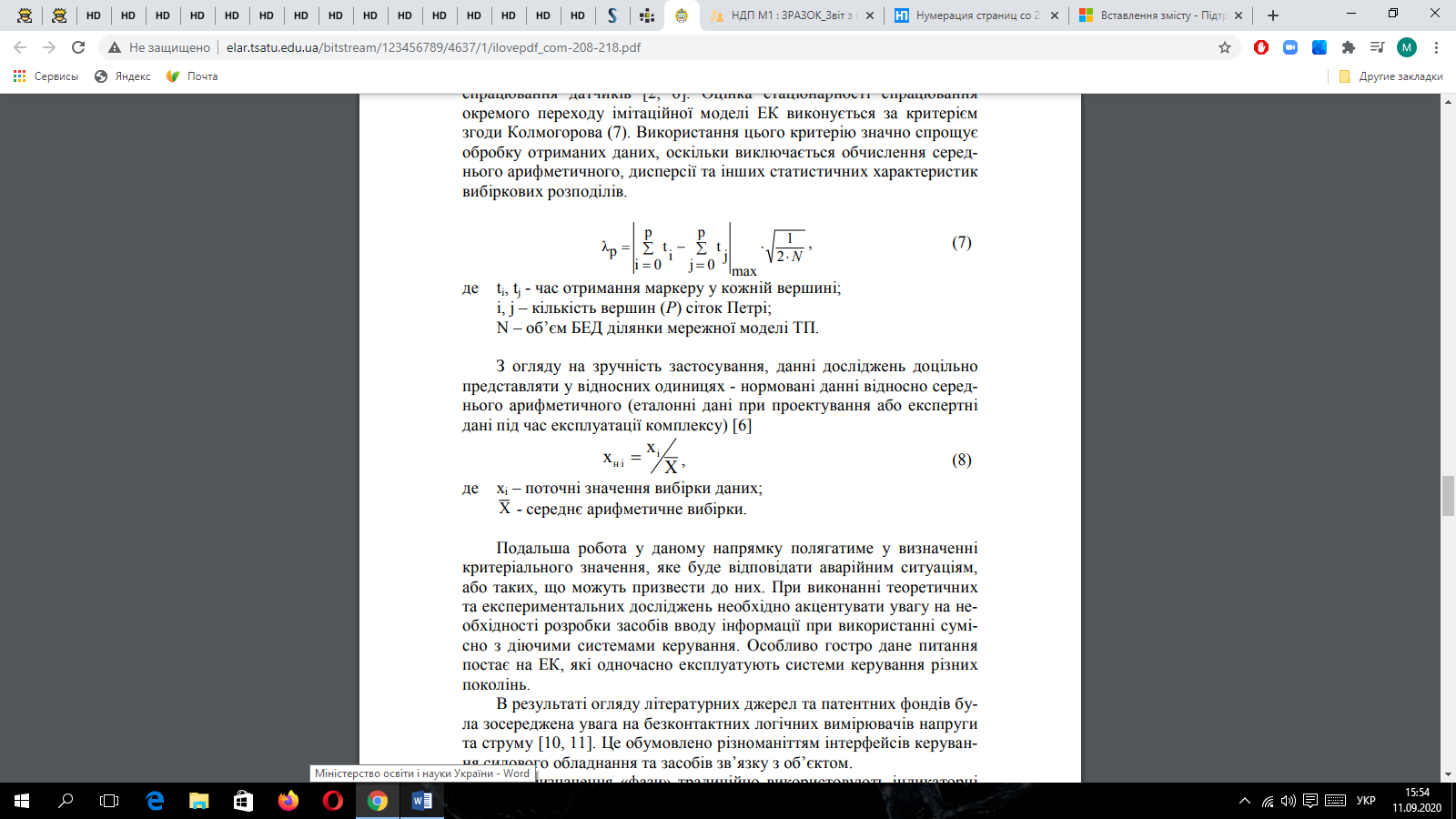
де m – кількість перетворень , які здійснюються до досягнення стану Петрі-об’єкта, при якому жоден перехід не спрацює; Z(Т, n) – предикат, який визначає виконання умови для входу маркерів у перехід Т на кроці n.

З алгоритмічної точки зору розбиття на Петрі-об’єкти дозволяє значно скоротити кількість елементарних операцій, необхідних для здійснення перетворення та регулювати кількість контрольованих елементів в залежності від рівня деталізації ТП. Отримане рівняння стану дає змогу отримати еталонні розмітки на різних кроках перетворення. Отримані дані можна використовувати для керування виробничим процесом та моніторингу його стану. Необхідно зазначити, що на практиці можливо впровадити лише рекомендації щодо тривалості роботи певних технічних та технологічних процесів. До підприємства можливо передати таблиці еталонного часу роботи обладнання та етапів ТП. У такому випадку економічний ефект полягатиме у зниженні капітальних вкладень на впровадження функцій моніторингу елеваторного комплексу (ЕК), зменшені часу реагування на несправності обладнання, попередження аварійної ситуації, яка може викликати тривале простоювання обладнання.



де , - час отримання маркеру у кожній вершині; i, j – кількість вершин (Р) сіток Петрі; N – об’єм БЕД ділянки мережної моделі ТП.

З огляду на зручність застосування, данні досліджень доцільно представляти у відносних одиницях - нормовані данні відносно середнього арифметичного (еталонні дані при проектування або експертні дані під час експлуатації комплексу)



де – поточні значення вибірки даних; - середнє арифметичне вибірки.

Подальша робота у даному напрямку полягатиме у визначенні критеріального значення, яке буде відповідати аварійним ситуаціям, або таких, що можуть призвести до них. При виконанні теоретичних та експериментальних досліджень необхідно акцентувати увагу на необхідності розробки засобів вводу інформації при використанні сумісно з діючими системами керування. Особливо гостро дане питання постає на ЕК, які одночасно експлуатують системи керування різних поколінь. В результаті огляду літературних джерел та патентних фондів була зосереджена увага на безконтактних логічних вимірювачів напруги та струму. Це обумовлено різноманіттям інтерфейсів керування силового обладнання та засобів зв’язку з об’єктом. Для визначення «фази» традиційно використовують індикаторні викрутки з різнотипними індикаторами. Такий пристрій містить неонову лампу або індикатор іншого типу й послідовно приєднаний резистор з опором не менш 0,5 МОм. Подібні індикатори дозволяють контролювати наявність напруг, що перевищують напругу запалювання неонової лампи, тобто 60...90 В та не можуть бути використані для визначення полярності у колах постійного струму.

Зміну струму через польовий транзистор відбиває стан оптопар. Індикатор (рис.11, а) містить три деталі: польовий транзистор VT1 - датчик електричного поля; стабілітрон VD1 - елемент захисту польового транзистора; VD2 – логічний вихід; R1 – регулятор чутливості. Відрізок товстого ізольованого проводу є антеною WA1 (довжина 10...15 мм).

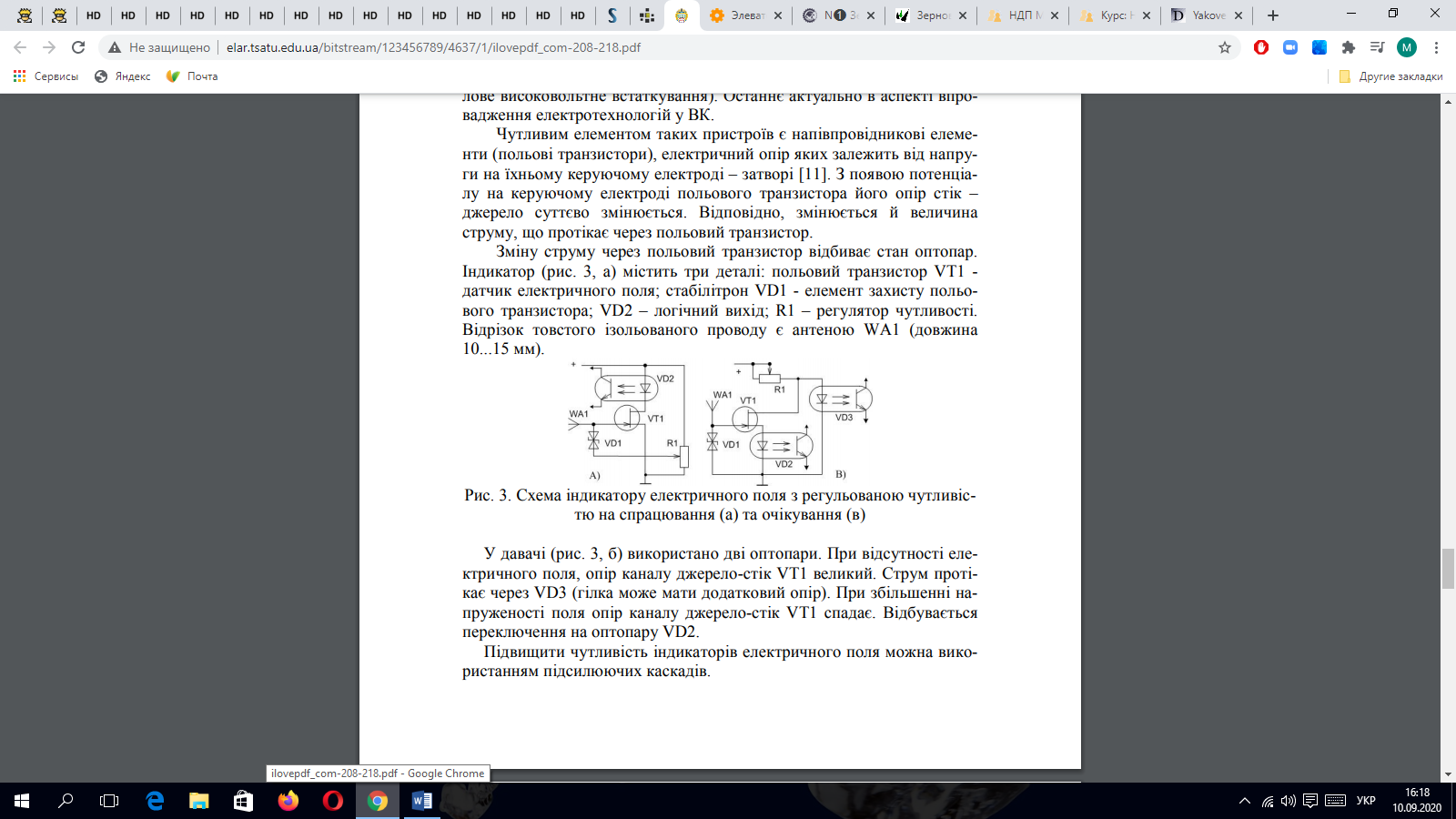


Рис. 11 - Схема індикатору електричного поля з регульованою чутливістю на спрацювання (а) та очікування (в)

У давачі (рис.11, б) використано дві оптопари. При відсутності електричного поля, опір каналу джерело-стік VT1 великий. Струм протікає через VD3 (гілка може мати додатковий опір). При збільшенні напруженості поля опір каналу джерело-стік VT1 спадає. Відбувається переключення на оптопару VD2. Підвищити чутливість індикаторів електричного поля можна використанням підсилюючих каскадів.

**ВИСНОВКИ**

Для забезпечення економічної привабливості результатів досліджень з розширення функцій моніторингу та діагностування ЕК та спрощення і уніфікації практичного впровадження доцільно використовувати безконтактні давачі електричного поля та струму. Це дозволить реалізувати пропоновані функції, а й знизити ушкодження обладнання статичною напругою та ураження персоналу струмом.

# **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Правила проектування аспіраційних установок підприємств по збереженню та переробці зерна. − Одеса-Київ: Міністерство сільського господарства та продовольства України, 1995. − 130 с.

2. Павловский Г.Т., Птіцин С.Д. Очищення, сушіння й активне вентилювання зерна. – К.: Вища школа, 1972.

3. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції: методичні вказівки до лабораторних робіт / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш, Н.А. Рубінець. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. – 52 с.

4. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, В.П. Олексюк, О.П. Цьонь – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. – 288 с.

5. Відомчі норми технологічного проектування хлібоприймальних підприємств та елеваторів. ВНТП-СПП-46-28-96. − Харків: Харківський променергопроект, 1996. − 134 с.