



ВОСТОЧНО ЕВРОПЕЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.74

#10(74), 2021 часть 2

Восточно Европейский научный журнал
(Санкт-Петербург, Россия)
Журнал зарегистрирован и издается в России
В журнале публикуются статьи по всем
научным направлениям.
Журнал издается на русском, английском и
польском языках.

Статьи принимаются до 30 числа каждого
месяца.

Периодичность: 12 номеров в год.

Формат - A4, цветная печать

Все статьи рецензируются

Бесплатный доступ к электронной версии
журнала.

Редакционная коллегия

Главный редактор - Адам Барчук

Миколай Вишневецки

Шимон Анджеевский

Доминик Маковски

Павел Левандовски

Ученый совет

Адам Новицки (Варшавский университет)

Михал Адамчик (Институт
международных отношений)

Питер Коэн (Принстонский университет)

Матеуш Яблоньски (Краковский
технологический университет имени
Тадеуша Костюшко)

Петр Михалак (Варшавский университет)

Ежи Чарнецкий (Ягеллонский университет)

Колуб Френнен (Тюбингенский
университет)

Бартош Высоцкий (Институт
международных отношений)

Патрик О'Коннелл (Париж IV Сорбонна)

Мацей Качмарчик (Варшавский
университет)

#10(74), 2021 part 2

Eastern European Scientific Journal
(St. Petersburg, Russia)
The journal is registered and published in Russia
The journal publishes articles on all scientific
areas.
The journal is published in Russian, English
and Polish.

Articles are accepted till the 30th day of each
month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Free access to the electronic version of journal
Editorial

Editor-in-chief - Adam Barczuk

Mikolaj Wisniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Pawel Lewandowski

Scientific council

Adam Nowicki (University of Warsaw)

Michal Adamczyk (Institute of International
Relations)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jablonski (Tadeusz Kosciuszko
Cracow University of Technology)

Piotr Michalak (University of Warsaw)

Jerzy Czarnecki (Jagiellonian University)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Institute of International
Relations)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (University of Warsaw)

Давид Ковалик (Краковский технологический университет им. Тадеуша Костюшко)

Питер Кларквуд (Университетский колледж Лондона)

Игорь Дзедзич (Польская академия наук)

Александр Климек (Польская академия наук)

Александр Роговский (Ягеллонский университет)

Кехан Шрайнер (Еврейский университет)

Бартош Мазуркевич (Краковский технологический университет им. Тадеуша Костюшко)

Энтони Маверик (Университет Бар-Илан)

Миколай Жуковский (Варшавский университет)

Матеуш Маршалек (Ягеллонский университет)

Шимон Матысяк (Польская академия наук)

Михал Невядомский (Институт международных отношений)

Главный редактор - Адам Барчук

1000 экземпляров.

Отпечатано в ООО «Логика+»

198320, Санкт-Петербург,

Город Красное Село,

ул. Геологическая,

д. 44, к. 1, литера А

«Восточно Европейский Научный Журнал»

Электронная почта: info@eesa-journal.com,

<https://eesa-journal.com/>

Dawid Kowalik (Kracow University of Technology named Tadeusz Kościuszko)

Peter Clarkwood (University College London)

Igor Dzedzic (Polish Academy of Sciences)

Alexander Klimek (Polish Academy of Sciences)

Alexander Rogowski (Jagiellonian University)

Kehan Schreiner (Hebrew University)

Bartosz Mazurkiewicz (Tadeusz Kościuszko Cracow University of Technology)

Anthony Maverick (Bar-Ilan University)

Mikołaj Żukowski (University of Warsaw)

Mateusz Marszałek (Jagiellonian University)

Szymon Matysiak (Polish Academy of Sciences)

Michał Niewiadomski (Institute of International Relations)

Editor in chief - Adam Barczuk

1000 copies.

Printed by Logika + LLC

198320, Region: St. Petersburg,

Locality: Krasnoe Selo Town,

Geologicheskaya 44 Street,

Building 1, Litera A

"East European Scientific Journal"

Email: info@eesa-journal.com,

<https://eesa-journal.com/>

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА

Власенко В.М., Мартинов В.Л. ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ	4
Дедков А.Г. ОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ	16
Савченко Р.В., Буравченко С.Г. ПРИНЦИПИ КОМПЛЕКСНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРИВОКЗАЛЬНИХ ТЕРРИТОРІЙ (НА ПРИКЛАДІ КИЇВСЬКОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ВОКЗАЛУ).....	19

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абалуев Р.Н., Завражнов А.А., Ланцев В.Ю. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМАТИЗАЦИИ ПОСЕВНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ОВОЩНЫХ И ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР	30
Вауганова А.Р. IMPACT OF OIL POLLUTION ON SOIL FERTILITY	40
Воронин Н.А. АНАЛИЗ ПРИЧИН СПЕЦИФИЧЕСКОГО ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ ТОПОКОМПЗИТА СИСТЕМЫ АIN-д16Т ПРИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ИНДЕНТИРОВАНИИ.....	42
Выговский А.В., Мыстецкий В.А. КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ЗАКУПОРКИ ПОЛЫХ ПРОВОДНИКОВ СТЕРЖНЕЙ ОБМОТКИ СТАТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ ТИПА ТВВ-1000-2УЗ	53
Завражнов А.А., Заволока И.П., Ланцев В.Ю. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ В ЗАЩИТНУЮ ЗОНУ РЯДКА С УЧЕТОМ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ	59
Lyubimov V.V. THREE-COMPONENT FLUXGATE MAGNETOVARIATION STATION	63
Пушкарь А.С. РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ ПРИВЯЗОК К ГРАФИЧЕСКОМУ ПРОГРАММНОМУ ИНТЕРФЕЙСУ DIRECT3D 12 ДЛЯ ЯЗЫКА RUST	66

АРХИТЕКТУРА

Vlasenko V. M.

*master's student of the Department of
Architecture and Spatial Planning of FABD*

Martynov V L.

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor of the Department of Architecture
spatial planning of FABD
National Aviation University, Kyiv, Ukraine*

PRINCIPLES OF FORMATION OF ENERGY EFFICIENT RESIDENTIAL BUILDINGS

Валерія Михайлівна Власенко

*магістрант кафедри архітектури та
просторового планування ФАБД*

Вячеслав Леонідович Мартинов

*д.т.н., проф., професор кафедри архітектури
просторового планування ФАБД
Національний авіаційний університет, Київ, Україна*

ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

DOI: [10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.74.136](https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.74.136)

Summary. The article analyzes the European and Ukrainian modern experience in designing energy efficient housing. The relevance and innovation of designing energy-efficient residential buildings and complexes, as well as its features are determined. The basic principles of designing energy efficient residential buildings are determined.

Анотація. У статті аналізується європейський та український сучасний досвід проектування енергоефективного житла. Визначено актуальність та іноваційність проектування енергоефективних житлових будівель та комплексів, а також його особливості. Визначено основні принципи проектування енергоефективних житлових будівель.

Key words: *energy efficient housing, residential complex, energy efficient engineering solutions, architectural and planning solutions, energy efficient building.*

Ключові слова: *енергоефективне житло, житловий комплекс, інженерні енергоефективні рішення, архітектурно-планувальні рішення, енергоефективний будинок.*

Постановка проблеми. На початку XXI ст. сформувалося сучасне бачення місії світової енергетики – максимально ефективного використання природних паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) та потенціалу енергетичного сектора для зростання світової економіки і підвищення якості життя населення планети.

Сьогодні у провідних країнах формується нова енергетична цивілізація, основні риси якої: енергоефективність; інтелектуальні енергетичні системи, які побудовані згідно концепції Smart Grid; також децентралізація енергетики; використання природних відновлювальних джерел енергії.

Актуальність даного дослідження визначається потребою у цілісному підвищенні енергоефективності житлових будівель, проектування і будівництва енергоефективних житлових будинків із застосуванням поновлюваних джерел енергії.

Тому питання впровадження комплексних будівельних рішень енергоефективних будівель, розробка інноваційно енергодизайну та інтегрування систем активних та пасивних будинків залишається актуальним для України.

Аналіз досліджень та публікацій. Особливого розвитку наукові дослідження з формування

архітектури енергоефективного житла набули розвитку з кінця 70х років. В Україні проблемами у сфері енергоефективності будівель почали займатися в кінці 90-х років. У 2000-х роках проблеми формоутворення енергоефективного житла можна прослідкувати у роботах Сергійчука О.В., Кашенко Т.О., Мартинова В.Л., Шулдан Л.О та ін., але на даний час вони повністю не знайшли своє відображення у проектній практиці в Україні. Принципи та особливості проектування пасивних будівель наведено в роботах Файс Вольфганта [13].

Питання енергоефективності житлового сектора економіки активно досліджували вітчизняні та зарубіжні вчені, як К.О. Братковська [1], В.П. Волков, Л.А. Горошкова [2, 3], Саницький М. А. [4], Г.О. Дзяна [5], О.В. Камеліна, С.А.Щербіна [6], Piet Eichholtz [7], Roberto Lamberts [8], Annual Roadmap [9], Kok, N., McGraw, M., & Quigley, J. M. [10] та ін. Наразі існує потреба подальшого розвитку теоретичних та прикладних засад організаційно-економічного забезпечення енергоефективності (ОЕЗЕ) житлового сектора України.

Величезна кількість науковців та практиків тривалий час формують базу знань в цій сфері та поширюють їх з метою досягнення більш сталих економічних та екологічних рішень. Не дивлячись

на це, рівень обізнаності та готовності українського суспільства до впровадження інноваційних енергоефективних технологій в будівельній сфері є досить незначним.

Мета. Визначити принципи формування об'ємно-планувальних рішень енергоефективних житлових будівель та особливості їх застосування для проектування енергоефективних житлових будинків в Україні.

Виклад основного матеріалу дослідження: Аналіз показав, зі світового співтовариства найбільш значних досягнень у галузі енергетичної ефективності досягли країни Європейського співтовариства (ЄС). В ЄС накопичено найбільш значний досвід у сфері застосування методів технічного регулювання енергетичної ефективності. Досвід таких країн, як США, Німеччина, Японія, Південна Корея, показав, що суттєве зростання енергоефективності може бути лише за умови реалізації державної енергоефективної політики, яка повинна охоплювати всі сфери національної економіки – від регіональної до загальнонаціональної економіки країни та узгоджувати адміністративні, законодавчі, фінансові заходи щодо її стимулювання. Цей досвід становить для України найбільший інтерес, оскільки задекларована пріоритетність політики енергозбереження в Україні тривалий час не була підкріплена ефективною формою та механізмами взаємодії влади, бізнесу та наукового потенціалу у питаннях впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій.

Енергозбереження це новий енергетичний ресурс, залучення якого в господарський обіг

дозволить знизити енергоємність суспільного виробництва.

Передбачається, що енергозбереження, витісняючи інші енергоресурси із паливно-енергетичного балансу, саме стане своєрідним енергетичним ресурсом.

Мета енергозберігаючої політики полягає не в обмеженні споживання енергоресурсів, а у підвищенні ефективності використання первинних відновлювальних енергоносіїв.

Енергетична ефективність будівлі - це властивість будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання, які забезпечують в період очікуваного життєвого циклу будівлі побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні умови для її перебування та / або проживання у приміщеннях такої будівлі при нормативно допустимого (оптимальному) рівні витрат енергетичних ресурсів на опалення, освітлення, вентиляцію, кондиціювання повітря, гаряче водопостачання з урахуванням місцевих кліматичних умов. Це – гармонійний і послідовний розвиток будівництва споруди з низьким рівнем енергоспоживання (рис. 1).

Енергоефективна будівля (energy efficiency building) – будівля, в якій ефективно використання енергоресурсів досягається за рахунок використання інноваційних рішень, які можуть бути вирішені технічно, обґрунтовані економічно, а також прийняті з екологічної та соціальної точок зору і не змінюють звичайного способу життя. До енергоефективних будівель можуть бути віднесені будівлі з низьким енергоспоживанням та будівлі з нульовим енергоспоживанням [11].



Рис. 1. Енергоефективний будинок

Енергозберігаючі будинки класифікуються наступним чином:

Енергоефективні будинки. Їх характерними відмінностями є низьке енергоспоживання і здоровий мікроклімат. Вони доступні й економічно вигідні;

Пасивні будинки (*passive house*). Їх особливість - досить низьке енергоспоживання (близько 10% від питомої енергії на одиницю

площі, споживаної традиційними будівлями), що досягається за рахунок зменшення тепловтрат будівлі і використання пасивних методів енергозбереження. Головною концепцією пасивних об'єктів - це їх компактність і правильна геометрія, орієнтація по сторонах світу, якісне утеплення;

Будинки з ультранизьким споживанням енергії (*ultra low energy house*). У рік вони витрачають близько 16-35 кВт · год / м²;

Активні будівлі - об'єкти з позитивним енергобалансі, які самостійно виробляють енергію для власних потреб в більшій кількості, ніж витратять. Надлишки можна продавати в центральну мережу. Головні його параметри розроблені інститутом пасивного будинку із застосуванням технології "розумного будинку" і створення сприятливого мікроклімату;

Будинки з нульовим електро-балансом (*zero-energy house*). Вони відрізняються достатньою енергоефективністю і нульовим споживанням за рахунок виробництва енергії з поновлюваних джерел. Вона рівномірно використовується протягом всього року.

Проектування енергозберігальної будівлі повинна ґрунтуватися на системному аналізі будівлі як єдиної енергетичної системи при цьому необхідно враховувати такі параметри, як: орієнтація, форма і конструкція, розташування і

функціональне призначення споруди, його конструктивна гнучкість і технологічний ресурс, системи обігріву і вентиляції, характеристики будівельних матеріалів.

Будівля розглядається як єдина енергетична система, що складається з незалежних підсистем: зовнішнього клімату як джерела енергії і об'єкта, від якого треба захищати (ізолювати) будівля; комплекс інженерних підсистем, енергетично пов'язаних між собою.

Для формування теплового режиму і енергетичного статусу слід приділити увагу таким аспектам:

забезпечити надійну теплоізоляційну оболонку, від якої в подальшому буде залежати вибір параметрів підсистеми опалення;

вентиляція повинна гарантувати високу енергоефективність виключно завдяки рекуперації тепла. Вона скорочує втрати електрики на вентиляцію, забезпечуючи доставку свіжого повітря з навколишнього середовища, контролюючи його вологість і чистоту;

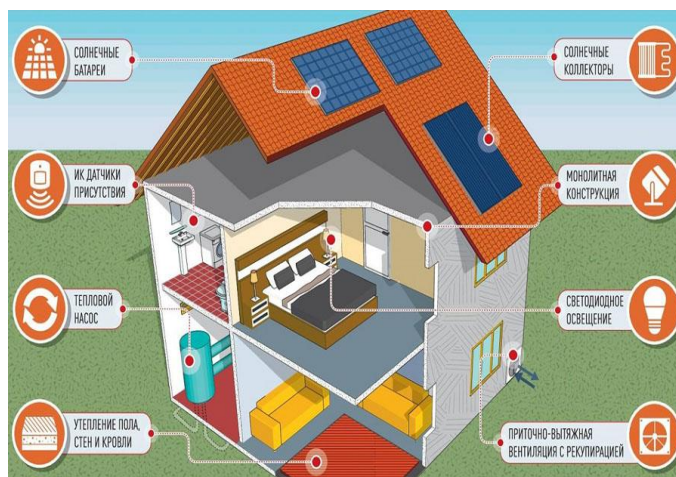


Рис.2. Показників енергоефективного будинку

виключити наявність теплих мостів і слабких місць в оболонці будівлі, що поліпшить показники енергоефективності, забезпечить рівномірний розподіл температури і запобіжить руйнування через появу вологи і вогкості;

використовувати вікна з максимально високим опором теплопередачі, і раціональним розташуванням на фасадах для того, щоб більше сонячного світла надходило з південного боку (Рис.2).

Загалом, можна виділити такі *основні принципи проектування енергоефективних житлових будівель та житлових комплексів*, а саме: 1) раціональний вибір енергозберігаючої форми будівлі і його правильна орієнтація по відношенню до сонця; 2) висока енергоефективність оболонки будівлі, тобто взаємозв'язок між конструктивними рішеннями будинку та інженерними системами для досягнення високого рівня енергозбереження; 3) ефективна теплоізоляція будинку, конструювання без «мостів холоду»; 4) застосування енергоефективних

конструктивних елементів і інженерних систем (стіни, які утримують тепло, ґрунтовий теплообмінник, система опалення, вентиляції, кондиціонування, подачі холодної і гарячої води і т.д.); 5) застосування механічної припливно-витяжної вентиляції для забезпечення нормального повітрообміну при установці герметичних енергоефективних вікон (подвійне застосування або вікна з заповненням інертним газом); 6) пасивне використання сонячної енергії (системи сонячного опалення, застосування термічної маси, використання «парникового» ефекту зимового саду для опалення будинку); 7) ефективна система контролю над інженерними системами (теплові лічильники і термостатичні вентилі, лічильники гарячої води і т.і.); 8) комп'ютерна система управління і обліку тепло- і енергопостачання будинку, робота якої заснована на математичному моделюванні теплового балансу з урахуванням фактичного енергетичного впливу зовнішнього клімату і внутрішніх тепловидлень; 9) застосування інженерних систем використання і

перетворення енергії поновлюваних джерел (теплові насоси, сонячні колектори, фотоелектричні установки, вітрові генератори, приливні ГЕС та ін.) 10) правильне планування ділянки будинку із застосуванням енергоефективних рішень (правильне використання рельєфу ділянки для збору дощових вод, ефективне зонування ділянки, організація ділянки в гармонії з природним місцевістю і ін.) [12].

Характеристики енергоефективності споруди визначаються, як проектним рішенням, так і його конкретною реалізацією на місцевості.

Форма і проект будівлі, а також її розташування на місцевості повинні максимальним чином знижувати енерговитрати будинку і забезпечувати пасивне використання енергії сонця.



Рис.3. Компактна конфігурація енергозберігаючої будівлі

Принцип «орієнтації будівлі» заснований на застосуванні сприятливих умов клімату, що дозволить максимально використовувати опромінення поверхні обраного місця прямими сонячними променями (основна частина яких падає з південного боку), а також захистити саме будівлю від вітрових впливів.

На містобудівному рівні, енергоефективна будівля має бути правильно **зорієнтована щодо сторін світу і розміром будівлі**, а сама ділянка

Принцип «прив'язки до місцевості» являє собою, проектування елементів житлових комплексів з урахуванням особливостей існуючої забудови в районі передбачуваного будівництва, місцевих умов ландшафту, рельєфу і клімату з метою оптимізації енергетичного балансу будівлі.

На архітектурно-планувальному рівні, з точки зору енергоефективності, вважаються **максимально прості** за формою будинки з найменшою площею даху і зовнішніх стін. Оптимальні розміри енергозберігаючої будівлі в плані є квадратної або прямокутної форми. Будь-які виступаючі частини - кути, еркери, балкони, тераси, галереї - збільшують і вартість будівництва, і тепловтрати будинку. Також, слід дотримуватися компактності приміщень і будівлі в цілому та при проектуванні враховувати буферні зони і неопалювальні приміщення. (Рис. 3).

повинна мати енергоефективний ландшафт. Всі житлові, опалювальні приміщення будинку з великими вікнами повинні дивитися на південний схід, південь або південний захід. Тоді як господарські і сантехнічні приміщення з мінімальною кількістю вікон (до 10-15% від загальної площі застосування) краще розвернути в північному напрямку. При цьому орієнтувати основні вікна тільки на південь не варто, так як жарким літом це створить проблеми. (Рис. 4).

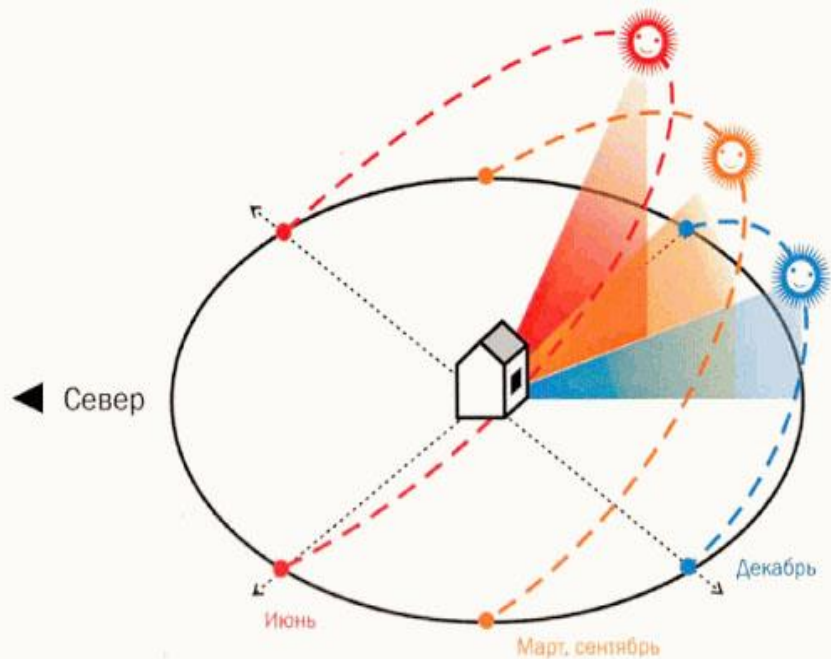


Рис.4. Правильна орієнтація будинку по сторонах світу

При проектуванні енергозберігаючого будинку слід використовувати архітектурно-планувальні принципи і прийоми орієнтовані на зниження тепловтрат через різні елементи конструкцій і оптимізацію внутрішнього теплового балансу будівлі.

Кількість тепловтрат через зовнішні огорожувальні конструкції будівель цілком і повністю залежить від конструкції і застосовуваних матеріалів.

Поглинання і накопичення сонячної енергії здійснюється безпосередньо елементами будівельних конструкцій будівель. На конструктивному рівні, застосовують будівельний матеріал, який володіє великим коефіцієнтом поглинання сонячної енергії; обирають системи автоматичного управління інженерним обладнанням будівлі та використовують пристрої додаткових елементів і технічних пристроїв на зовнішніх огорожувальних конструкціях будівель.

Збереження тепла можливо при зменшенні порізності зовнішніх стін; збільшенні ширини корпусу будівлі; створення широтних і меридіональних типів споруди.

Також, к.а.н. С. Н. Смирнової був сформульований принцип теплового зонування внутрішнього простору. Підтримка оптимального теплового балансу в приміщеннях здійснюється за допомогою принципу теплового зонування, використання буферних зон, розширення корпусу. Теплове зонування полягає в організації на шляху проходження теплового потоку з внутрішньої зони (теплового ядра) до зовнішньої поверхні ряду зон з поступовим зниженням необхідної в них температури. Одним з основних елементів регулювання енергоспоживання і формування

мікроклімату приміщень в просторово об'ємній структурі будівлі являються «буферні зони».

Для забезпечення енергоефективності будівлі необхідно максимально ефективно використовувати замкнуту термічну (теплоізоляційну) оболонку, що охоплює комфортні зони. Така оболонка включає в себе поліпшену теплоізоляцію стін, утеплення підвалу, покрівлі та інші заходи по створенню безперервного теплового контуру будівлі.

В основу принципу альтернативного проектування теплоізоляційної оболонки прийнято забезпечення інтегральної енергетичної характеристики системи (будинку в цілому) – питомі максимально допустимі тепловтрати на опалення. Визначення цього показника здійснюється на підставі моделювання теплового режиму. Завдання оптимізації рівня теплоізоляції за рахунок вибору раціональної орієнтації та розмірів будинку виконується завдяки максимальному використанню сонячної радіації в зимовий період та конструктивного захисту від сонячного опромінювання приміщень в літній період року, а також вибору такої геометрії, коли за інших однакових умов на одиницю корисної площі або об'єму витрачається мінімум теплової енергії на опалення та охолодження.

Принцип оптимізації енергетичної проникності огорожувальних конструкцій з метою захисту від несприятливих і використання сприятливих впливів зовнішнього середовища здійснюється шляхом збільшення товщини однорідних стінових конструкцій, збільшення товщини теплоізоляції в складі багатошарової огорожувальної конструкції. (Рис. 4).



Рис.4. Утеплення будинків.

Регульоване розподіл теплих і холодних потоків повітря в приміщеннях, здійснюється за рахунок введення додаткових функцій в конструктивних елементів будівлі. (Рис. 5).

Всі перераховані вище заходи повинні забезпечувати не тільки ефективне використання

відновлюваної природної енергії сонця, але і зберегти енергію, що надходить від інженерних систем на освітлення, опалення, вентиляцію та охолодження. Економія енергії при цьому на основі пасивної системи опалення становить 25 ... 30%.

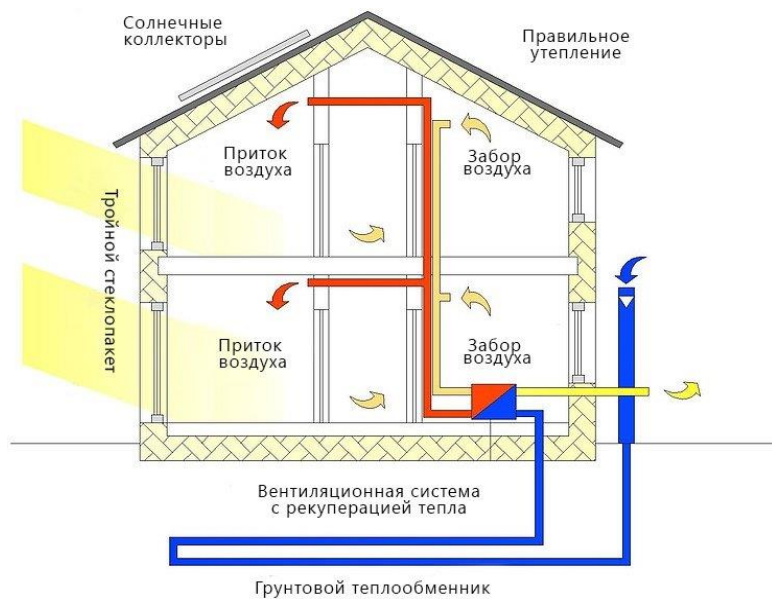


Рис.5. Конструкції енергозберігаючих та пасивних будинків

При проектування енергоефективного будинку використовують пасивну, активну та альтернативну системи енергії.

Пасивна система енергії використовується за рахунок теплофізичних властивостей самої будівлі, накопичення і збереження енергії навколишнього середовища. Активна система енергії створюється в межах будівлі спеціальними технологічними пристроями, що перетворюють енергію в теплову і електричну. Серед альтернативної або поновлюваної енергії використовують: • енергію сонця - є найбільш перспективним джерелом енергії, де сонячна енергетика перетворюється в теплову і електричну за допомогою сонячних колекторів; • енергію вітру - є найбільш поширеним типом джерела енергії, вітрова енергетика може

бути перетворена в кінетичну, механічну і електричну за допомогою вітрових установок і вітрових генераторів; • енергію води - є менш поширеним типом видобутку енергії. Джерелами енергії можуть виступати невеликі річки і струмки, навіть промислові і каналізаційні скиди.

Одним з найбільш доступних джерел відновлюваної енергії є сонячна енергія. Активні системи засновані на використанні систем і пристроїв, що перетворюють сонячну енергію в тепло або електроенергію.

У енергоактивних системах будівлі сонячну енергію використовують для таких цілей: для перетворення в електроенергію; для нагріву теплоносія і перетворення його енергії в електричну для підігріву води та водопостачання;

для підвищення температури масивних конструктивних елементів будівель. (Рис. 6).



Рис.6. Активне використання сонячної енергії

При обліку орієнтації енергоефективного будинку більшість фасадів орієнтовано на південь. Такий прийом акумулювання і збереження тепла від сонця відображається в асиметрії форми. Застосування в структурі елементів

геліоархітектури, етрадиційних і поновлюваних джерел енергії надає будівлі технологічний і інноваційний вигляд, який відбивається на розумінні людини важливості підтримки екології і збереження навколишнього середовища. (Рис.7).



Рис.7. Енергозберігаючий будинок з сонячними панелями

Взаємодія будівлі з вітровими потоками розглядається як найважливіший аспект архітектурного проектування.

Будівлі, що застосовують технічні засоби, переробляючи кінетичну енергію вітру на теплову та електричну енергію, частково або повністю покриваючи при цьому енергетичні потреби будівлі та компенсуючи ресурси енергомережі,

визначаються як вітроенергоактивні будівлі. У разі поліфункціонального використання вітряних енергетичних систем їх окремі елементи можуть об'єднувати в собі комплекс різних функцій: крім прямих технологічних функцій, вони можуть грати роль носійних та огорожувальних конструкцій будівлі. (Рис. 8).

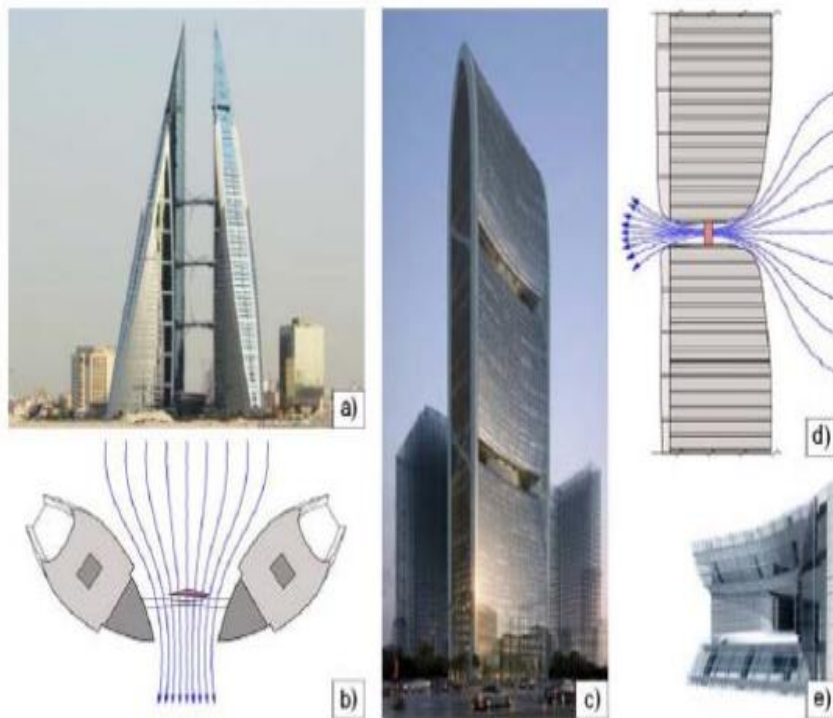


Рис. 8. Формоутворення будівлі з використанням енергії вітру:
 a, b – Бахрейський всевітній торговий центр; c, d, e - Pearl River Tower

Поліфункціональність засобів вітроенергетики в структурі будівлі визначається як основний метод підвищення енергоефективності.

Поліфункціональність вітряних установок полягатиме в спеціальних властивостях окремих елементів матеріально-конструктивної структури будівлі, що підвищують аеродинамічні характеристики зовнішньої оболонки і, відповідно, енергоефективність вітроприймальних пристроїв. (Рис.9).

Установку вітроприймальних пристроїв слід розміщувати в міжбаштовому просторі з орієнтацією в бік установки технічних і господарських приміщень, сходоволіфтових вузлів, а також шляхом використання в структурі будівлі повітрязабірних отворів із глухими концентраторами і з розташованими всередині вітроприймальними пристроями, а також шляхом установки вітроприймальних пристроїв на глухих стінах або над дахом будівлі

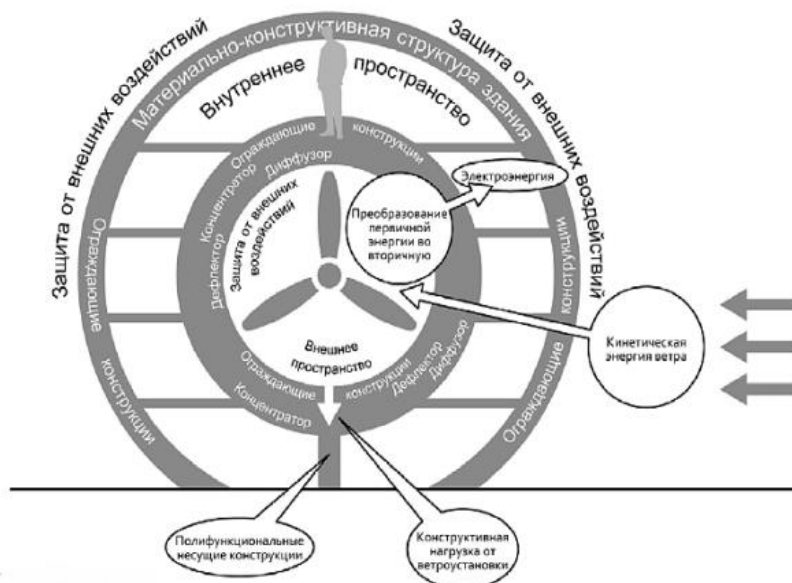


Рис. 9. Схема поліфункціонального використання засобів вітроенергетики в структурі будівлі

Енергія вітру є найбільш поширеним типом джерела енергії. Установка вітряків дозволить

виробляти електроенергію шляхом руху лопатей під впливом вітру. При установці таких споруд

важливо враховувати швидкість і рух вітру в проєктованому регіоні і рельєф використовуваної місцевості.

Переваги даного методу використання енергії вітру:

- У районах з інтенсивним рухом повітря вітрові установки цілком можуть забезпечити енергією місцеві потреби.

- Використання вітрових установок для обслуговування окремих об'єктів.

Також слід враховувати й інші джерела енергії, таких як енергія тепла верхніх шарів Землі, енергія води, геотермальна енергія, вторинна енергія, біоенергія, енергія припливів і відливів, а також хвильова енергія, які можуть застосовуватися при проєктуванні енергоефективних житлових будинків.

Мета проєктування і будівництва енергоефективних будівель складається в більш ефективному використанні енергоресурсів, що витрачаються на енергопостачання будівлі, шляхом застосування інноваційних рішень, які здійсненні технічно, обґрунтовані економічно, а також прийнятні з екологічної та соціальної точок зору і не змінюють звичного способу життя.

Встановлено, що використання інноваційних технологій і інженерних рішень прямим чином впливають на архітектурно-планувальну, містобудівну та конструктивну організацію енергоефективних житлових будинків.

Найбільше значення для енергозберігаючого будинку має рівень споживання всіх видів енергії. Це досягається якісним утепленням, вікнами з енергоефективними склопакетами в теплоізовльованій рамі, вставленій по технології, яка виключає втрати теплоти, якісним повітряним ущільненням, високоефективною системою кондиціонування з рекуперацією теплоти, домашньою побутовою технікою з низькими енергетичними витратами, застосуванням відновлюваних джерел енергії.

Поліпшена теплова ізоляція енергонезалежного будинку зменшує втрати теплоти і дозволяє підтримувати всередині будівлі більш високу температуру зимою і більш низьку літку. По всій площі будівлі рівномірна температура повітря, немає явища холодних кутів, Всі типи конструкцій (опори, бетонні масиви, дерев'яні чи сталеві балки і інше) все повинно бути якісно теплоізовльоване. (Рис.10).



Рис.10. Внутрішня теплова хар-ка енергонезалежної будівлі

Важливу роль в енергонезалежному будинку грають теплоізовльовані віконні рами, що дозволяє підтримувати високий рівень теплового комфорту в житлових приміщеннях, та знизити теплові втрати майже на 90 %.

В енергозберігаючих будинках значна частина тепла, що витрачається на опалення, призначена для нагрівання вентиляваного повітря. Будівля повинна вентильоватися раціонально. Енергозберігаюча система вентиляції повинна регулювати інтенсивність повітрообміну, коли це необхідно. Для вибору вентиляції є наступні рішення (Рис.11):

- Природна (гравітаційна) вентиляція функціонує на природних фізичних принципах. Повітря надходить у будинок через припливні отвори, розміщені в стінах або вікнах. Для видалення повітря використовуються витяжні канали. Найбільшим недоліком цієї системи вентиляції є те, що вона функціонує з різною ефективністю протягом усього року, а також не піддається регулюванню. У період низьких температур взимку може працювати з більшою інтенсивністю, ніж це необхідно, що призводить до тепловтрат.



Рис.11. Вентиляція будинку

- Механічна вентиляція - спосіб вентиляції будівлі, при використанні якого повітрообмін здійснюється завдяки роботі вентиляторів. Головним достоїнством механічної вентиляції є можливість визначення продуктивності системи вже на етапі проектування будівлі. Можна впливати на інтенсивність вентиляції в ході експлуатації.

Також, для забезпечення в будинку ефективної вентиляції і одночасно зниження споживання енергії встановлюється обладнання для відбору тепла з вихідного повітря вхідному. Значною мірою тепла енергія теплого, витяжного повітря передається холодному, свіжому припливному повітрю. У відсотковому відношенні ця величина сягає 90%. При використанні примусової вентиляції з рекуператором економія теплової енергії, що використовується для підігріву води декілька разів менше первинної енергії, також така вентиляція запобігає зволоженню приміщень, забезпечує стабільний приплив свіжого повітря; усуває неприємні запахи; мінімізує кількості алергенів в повітрі.

Теплопостачання енергонезалежного будинку забезпечується від незалежного зовнішнього джерела енергії. Нагрів приміщення може ефективно здійснюватись підігрівом свіжого повітря.

Теоретично і практикою підтверджено, що комплексне забезпечення тепловою енергією житла найбільш вигідним є від відновлюваних джерел енергії. Наприклад, при використанні сонячної

енергії проводиться перетворення сонячного випромінювання у теплову енергію в сонячних колекторах. Ця теплота використовується для різноманітних побутових потреб і частково доповнює потреби на обігрів будівель або окремих приміщень.

Найліпший варіант – тепловий насос у комплекті з сонячними колекторами для можливості підігріву гарячої води і часткової підтримки обігріву в періоди сонячної активності, забезпечення обігріву взагалі, нагріву свіжого повітря, підготовки гарячої води, можливостей акумулювання сонячної теплової енергії.

Обігрів тепловим насосом – одна з екологічно безпечних та найбільш енергоекономічних в експлуатації обігрівальних систем, яка пропонується для використання. За допомогою теплового насоса заощаджена сонячна енергія з землі, з підземних вод, з повітря «перекачується» в приміщення.

Теплота отримується в процесі стиснення газоподібного холодоагенту компресором в закритому контурі, який перетворюється з рідкого стану в пару (газ), відбираючи теплоту з природного середовища. Кількість цієї природної безкоштовної енергії значно більша електричної енергії, затраченої на циркуляцію холодоагенту в круговому процесі. Повна тепла енергія від теплового насоса складається з енергії, витраченої на електричний привід у дію теплового насосу, і відібраної в природі теплової енергії. (Рис.12)

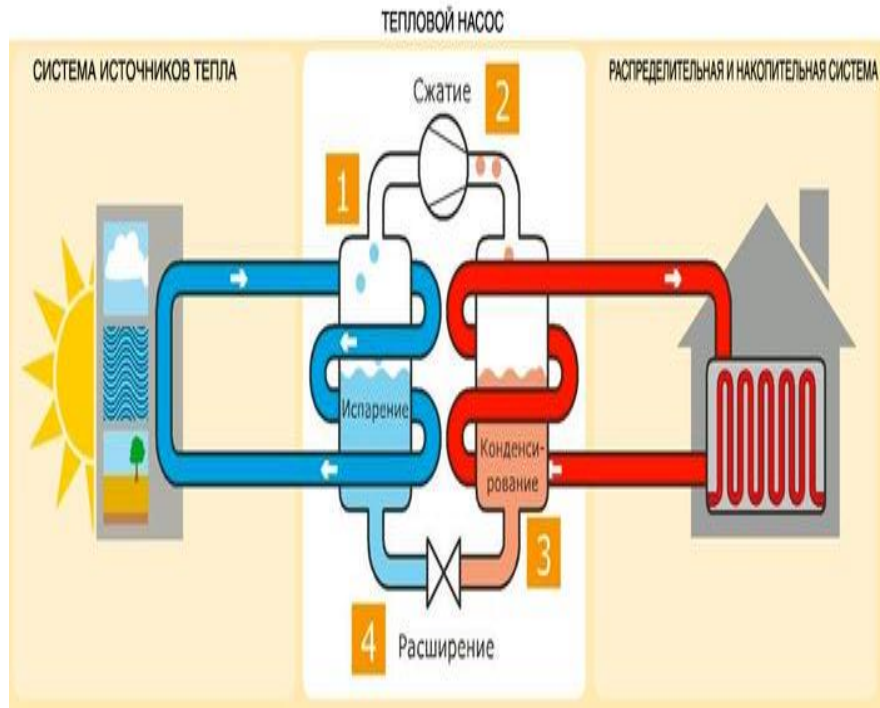


Рис. 12. Принцип роботи теплового насосу

Відношення безкоштовної природної енергії до ел. енергії на привід COP (Coefficient of performance) – основний технічний показник ефективності дії теплового насосу. Тепловий насос включає в себе систему відбору теплоти в природі і систему обігріву приміщень (гарячої води).

Застосування систем обігріву в підлогах і стінах від відновлюваних джерел енергії підвищує ефективність їхньої роботи, дозволяє ефективніше використовувати площі раніше зайняті приладами обігріву і простір навколо них. При цьому можна говорити про економію коштів при будівництві від 2 до 5 %. (Рис. 13).



Рис.13. Принцип функціонування теплового насосу

Техноцентричний підхід енергозберігаючої будівлі вирізняється використанням інженерно-технічних, або активних, засобів підвищення енергоефективності. Зниження енергоспоживання системами інженерно-технічного забезпечення досягається за рахунок автоматичного контролю і регулювання процесів розподілу енергії в системах інженерно-технічного забезпечення будівель. Збір, зберігання і розподіл енергії здійснюється за допомогою спеціальних систем технічного обладнання, якими оснащуються будівлі, а також інші інженерні об'єкти.

Автоматизовані системи обліку і контролю енергоресурсів – це використання «розумних» прилади та системи з обліку енергоресурсів: газу, води, тепла, електрики. В енергоефективних будинках доцільно автоматизовані системи комплексного обліку енергоресурсів – АСКОЕ NovaSyS.

Висновки. Визначено основні принципи формування архітектурно-планувальних рішень енергоефективних житлових будівель та особливості їх застосування для проектування енергоефективних житлових будинків в Україні, які наведено вище за текстом.

Під час проектування енергоефективної будівлі треба дотримуватися основоположних архітектурних і будівельних принципів підвищення енергоефективності:

- оптимальне розташування будівлі відносно сонця, що забезпечує можливість максимального використання сонячної радіації;
- підвищення до максимального технічно можливого рівня термічного опору світлопрозорих огорожувальних конструкцій;
- забезпечення необхідної повітряної щільності конструкції будівлі щодо припливу зовнішнього повітря;
- створення системи вентиляції для подачі свіжого повітря, видалення відпрацьованого повітря, розподілу тепла в приміщенні і організація регенерації тепла вентиляційного повітря.

При проектуванні енергозберігаючих житлових будівель втілюється спільне прагнення архітекторів, інженерів, конструкторів і дизайнерів створити гнучкі, мобільні архітектурні об'єкти, адаптовані до зростаючих вимог сучасної людини. Впроваджуються екологічні основи і використовуються науково-технічних розробки в проектах будівель, що генерують нові ідеї, дозволить виявити потенційні можливості сучасної архітектури і відкрити перспективи для створення висококомфортних архітектурних утворень.

Список використаної літератури:

Підвищення економічної ефективності інвестицій у програми енергозбереження / К. О. Братковська // Інвестиції: практика та досвід. - 2015. - № 21. - С. 25-28.

Європейський досвід підвищення енергоефективності житлово-комунального господарства / В.П.Волков, Л.А. Горошкова, Шмаль В.// електронний ресурс: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/31417/1/51.PDF>. – 2016

Проблеми енергозбереження в житловому фонді / В.П. Волков // Економічний вісник університету. – 2013. – Вип. 20(1). – С.83-90.

Проблеми енергозбереження в сучасному житлово-комунальному будівництві / М. А. Саницький, О. Р. Позняк // Ринок інсталяцій. - 2005. - № 4. - С. 22-23.

Енергозбереження як ресурс розвитку для України / Г.О. Дзяна, Р.Б. Дзяний // Публічне управління: теорія та практика : зб. наук. пр. ХарРІДУ НАДУ – Х. : Вид-во “ДокНаукДержУпр” – 2014. – Вип.4 (20) – С. 80-86

Сучасні проблеми забезпечення енергоефективності житлового будівництва в Україні /Комеліна О. В., Щербініна С. А// Економіка та управління національним господарством – 2014, УДК 332.83

Eichholtz, P. M. A., Kok, N., & Quigley, J. M. (2013). The economics of green build-ing. Review of Economics and Statistics, 95, 50-63

Hensen J. L. M., Lamberts R. Building Performance Simulation for Design and Operation. L.: Spon Press, 2011.

Energy-Efficient Buildings – MultiAnnual Roadmap for the Contractual PPP under Horizon 2020 / EC, 2013

Kok, N., McGraw, M., & Quigley, J. M. (2011). The diffusion of energy efficiency in building. American Economic Review: Papers and Proceedings, 101(3), 77-82

Архітектурно-конструктивні енергоефективні оболонки будівель та споруд /В.А. Лісенко, В.Г.Суханов, Ю.О. Закормчємний, С.Є. Вєрєвкіна// Одесока державна академія будівництва та архітектури - видавництво «Optimum» 2015, УДК 69.059.3

Розвиток та принципи проектування енергоефективних житлових будівель-комплексів /Мартинів В.Л. д.т.н., професор кафедри архітектури, Полозюк С.Ю./ Східно Європейський Науковий Журнал, Випуск: 62, Том: 7 -2020.

Файст Вольфганг. Основные положения по проектированию пассивных домов / Файст Вольфганг ; [пер. с немецкого с дополнениями] ; под ред. А. Е. Елохова. – М. : Издательство ассоциации строительных вузов, 2008. – 144 с. : ил.

Проведення досліджень щодо оптимізації технічних рішень теплового захисту будинків та розроблення рекомендацій для проектування енергоефективних (пасивних) будинків із мінімальним використанням теплової енергії [Текст] / С. Г. Буравченко, О. В. Гордзялковська, В. Л. Мартинов [та ін.] : звіт до НДР / ДП «Український державний науково-дослідний і проектний інститут цивільного сільського будівництва». – К. : УкрНДДпроцивільсьбуд, 2011. – (Тема № Н-11-190-09).

Мартинов В. Л. N-параметрична оптимізація граничних енергоефективних будинків [Текст] / В. Л. Мартинов // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – Кременчук : КрНУ, 2011. – Вип. 3(68), ч. 1. – С. 131–134. – (Ulrich's Periodicals Directory).

SPECIFICITY OF RECONSTRUCTION OF CONGLOMERATIONS AND ADJACENT AREAS

Дедков Артём Геннадьевич

Аспирант кафедры Градостроительство
Московского Архитектурного ИнститутаОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ
И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.74.134

Summary. The article is dedicated to the problem of the functional aging of the urban fabric in the cities and adjacent areas. The aim of the research is to form a set of principles for the reconstruction of the urban territories in the problematic areas of the city. The article explores existing precedents of a deep urban reconstruction that took place in four big cities: Brussels, Berlin, Honkong and Pyngyao. Through the analysis of the references and the comparison among a set of four possible directions for reconstruction are being formed: chaotic development, set of restrictions for the development, expansive growth and a focus on historical heritage. The research results in definition of a complex approach that includes and combines all four mentioned approaches for the reconstruction of the territories.

Аннотация. Данная статья посвящена проблеме морального и функционального устаревания городской ткани населенных пунктов в связи с ростом и развитием городских территорий и необходимости преобразования данных территорий. Целью исследования является формирование подходов к реконструкции населенных пунктов и прилегающих территорий. В статье рассматриваются существующие прецеденты кардинальной реконструкции на примере четырех крупных городов мира: Брюсселя, Берлина, Гонконга и Пинъяо. Проводится анализ прецедентов, их сравнение между собой и формулируются четыре возможных вектора городской реконструкции: хаотичное развитие, жесткая система регламентов, экспансивный рост в контексте современных тенденций, фокус на сохранении исторического наследия. В результате определяется необходимость комплексного подхода к упомянутой проблеме и комбинирование четырех приведенных подходов к реконструкции.

Key words: urban areas' reconstruction, city modernization, city growth, territorial planning, urban strategies.

Ключевые слова: реконструкция территорий, модернизация городов, рост городов, территориальное планирование.

Очевидно, что среда города складывается постепенно в процессе его исторического развития благодаря длительному коллективному труду архитекторов, инженеров и строителей. Планомерное градостроительство, как правило, предполагает творческую и культурную преемственность. Это важно в первую очередь для сохранения исторического наследия и поддержания единого архитектурного ансамбля города.

Однако это достаточно утопическое представление о территориальном развитии. Несмотря на то, что градостроительная деятельность главным образом направлена на сохранение облика города, она вместе с тем ставит перед собой задачу трансформации территории под современные нужды. Подобный процесс трансформации нередко протекает по неожиданным сценариям, вследствие чего город наполняют новые архитектурные формы и инженерные решения.

К примеру, смена градообразующих объектов в больших агломерациях с промышленных объектов на административно-офисные районы привела к необходимости переноса или адаптации множества промышленных зданий в черте города: заводов, фабрик и мануфактур. Вследствие чего

реновация промышленных объектов стала важным направлением в градостроительной политике, которая осуществлялась, как правило, с учетом социально-экономического потенциала реконструируемой территории. Иными словами, новое назначение бывших промышленных зданий и их территорий предполагало культурно-досуговую, а иногда и жилую застройку.

Чаще всего это связано с тем, что с расширением территории города, расширяется и его центральная часть, в которой, как правило, сконцентрированы наиболее значимые объекты городской среды. Соответственно, ценность ряда территорий внутри центра растет, при этом она может использоваться для промышленных объектов, которым зачастую хоть и экономически выгодно подобное расположение, но их конкурентное преимущество по сравнению с девелоперами невелико. Таким образом, площадь становится настолько финансово привлекательной, что со временем неизбежно переходит в руки девелоперов, если это позволяет внутренняя политика государства.

Скорость окупаемости при реконструкции таких объектов, как правило, бывает в 2 раза быстрее, а затраты на единицу производственной

мощности на 30 % ниже, чем при новом строительстве [1, С.69-70]. При этом подобные работы по реконструкции отличаются более высокой трудоемкостью, чем при новом строительстве; а затраты времени в 1,5 – 2 раза меньше [1, С.71]. Для реализации подобных проектов, как правило, привлекают архитекторов с мировым именем, что, с одной стороны, позволяет еще больше увеличить экономический потенциал территории; а с другой – адаптировать площадь под новые функции с учетом многолетнего опыта архитектора и его команды.

Немного другой сценарий разворачивается при реконструкции территорий в связи с их моральным и функциональным устареванием. Цель данного исследования - сформировать подходы к реконструкции городских территорий в контексте описанной ситуации. Для формирования принципов, рассмотрим и проанализируем четыре города, которые являются яркими примерами территориальной реконструкции: Брюссель, Берлин, Гонконг и Пиньяо.

В период 1960 – 1980 гг. была осуществлена массовая застройка Брюсселя, толчок к которой дало проведение в 1958 году «Экспо 58», международной выставки, являющейся открытой площадкой для демонстрации технических и технологических достижений. В целях реконструкции города был снесен ряд исторических зданий, на месте которых впоследствии была осуществлена современная застройка. Неконтролируемый рост и развитие города привели к сносу трамвайных путей, - одного из самых экологичных видов транспорта, - сносу сооружений, имеющих историческую ценность, воздвижению небоскребов, офисов и многоквартирных домов современного типа. В дальнейшем подобные процессы в формировании городской среды, сопровождающиеся неконтролируемым ростом как вертикальным, так и горизонтальным, получили название «брюсселизация». Итогом реконструкции Брюсселя в указанный период стали народные протесты и искажение эстетического облика города [3].

Однако были и положительные результаты. Во-первых, правительство задумалось о градостроительной политике. Были введены регламенты и нормативные акты, нацеленные на контроль застройки и вид сооружений. Во-вторых, на примере Брюсселя мировое архитектурное и градостроительное сообщество подтвердило для себя опасения относительно того, насколько важно сохранение баланса между архитектурным обликом и меняющимися требованиями общества. Хотя, безусловно, примеры «брюсселизации» можно встретить в ряде других городов, в которых в какой-то момент была осуществлена нецентрализованная застройка, или отсутствовали нормы и правила зонирования.

Следующий исследуемый нами сценарий реконструкции – это Берлин с 1991 года. Как

известно, после Второй мировой войны территория Берлина была поделена на две части: Восточный и Западный Берлин. Каждая из частей развивалась отдельно, скорее заполняя площади, пострадавшие от бомбежек города, нежели в соответствии со строго оформленным планом развития, восстанавливалась с ориентацией на прошлый облик Берлина, исходя из культурной ценности исторической застройки.

После падения берлинской стены перед городом встала серьезная задача соединения двух своих разрозненных частей. Главный архитектор Берлина, Ханс Штиман, возглавил проект. Он и его команда сконцентрировались на создании единой ткани города, назвав свой подход «критическая реконструкция» [4]. Суть данного подхода, с одной стороны, состоит в том, что осуществляется поиск средств для достижения городского единства; с другой стороны, в том, что городская среда перестраивается не просто в соответствии с историческим обликом города, но учитывая и его новый функционал, который диктует современное общественное устройство [5].

Решением стало привлечение архитекторов с мировым именем и создание регламента, который задавал градостроительные нормы. Согласно этим нормам, фасады новых зданий, их объем и высотность должны были обладать единством, а индивидуальность могла быть выражена посредством выбора материалов, членении фасадов и внутреннем планировании [6].

Следующим примером, который необходим для рассмотрения четырех подходов к городской реконструкции, является Гонконг. Хотя, строго говоря, для иллюстрации этого подхода подошли бы два города: Гонконг и Сингапур. Дело в том, что два этих города в наши дни можно назвать мировыми городами, бизнес-столицами. В них сосредоточены огромные капиталы, а также действует система свободной экономики. Эти два города буквально предоставляют площадку для экономической деятельности людям со всего мира, вследствие чего их фондовые и трудовые рынки являются глобальными, что накладывает отпечаток и на внешний облик городской среды.

До британского влияния архитектура Гонконга была китайской, в городской черте было большое количество храмов и Тон Лау (четырёхэтажные многоквартирные дома), присутствовала плотная и компактная жилая застройка. В дальнейшем по политическим причинам в Гонконге большую роль сыграли английские архитектурные школы, в частности Викторианский и Эдвардианский стили. С 1935 года Гонконг стал наращивать высотный потенциал, в этот год появляется здание в стиле чикагской школы – HongkongBank, высота которого составила 70 метров. Жилая застройка же не была высотной в силу регламентирующих документов вплоть до 1955 года, пока наплыв беженцев из Китая не подтолкнул к изменению градостроительных стандартов. С развитием города и в процессе его трансформации в мировую

бизнес-столицу архитектурный облик города полностью изменился. Сейчас основной массив представляет архитектура модернизма, постмодернизма и функционализма, а историческая застройка сохранилась на крайне небольших площадях. Таким образом, реконструкция города в Гонконге представляет собой непрерывный процесс, в рамках которого намного большее внимание уделяется росту и развитию, нежели сохранению объектов культурного наследия.

Завершающим примером является китайский город Пиньяо. Это город считается одним из примеров самой «исторической застройки», так как он сохранил свой архитектурный облик со времен Средневековья. В городе отсутствует современная высотная застройка, центральное освещение, транспортная сеть (передвижение осуществляется посредством велосипедов и других легких видов транспорта) и любые другие инженерные и строительные достижения, которые появились за последние 300 лет. Жители города ведут образ жизни, который также нехарактерен для современного человека, но который возможен в условиях жизни в такой среде. Город является объектом всемирного наследия ЮНЕСКО, а экономика базируется на туристическом интересе. Естественным образом, фокус градостроительной мысли направлен сугубо в далекое прошлое и сконцентрирован сугубо на охране и восстановлении исторического наследия.

Таким образом, рассмотрев четыре исторических примера, условно мы можем выделить четыре возможных вектора городской реконструкции: хаотичное и неконтролируемое развитие, обернувшееся градостроительным упадком (Брюссель); регламентируемое развитие с жестким контролем для сохранения гармонии городской среды (Берлин); экспансивный рост в соответствии с архитектурной модой (Гонконг); и тотальный фокус на сохранение исторического наследия (Пиньяо).

Говорить, что какой-то из них является лучшим или худшим смысла нет, скорее стоит обратить внимание на то, что каждый из них выполняет свой функционал. Брюссель осознал значимость исторической застройки не только с точки зрения архитектурного единства, но и с точки зрения экономической выгоды. Очевидно, что в Брюсселе сконцентрировано огромное число культурных объектов, которые привлекают туристов, а значит их устранение ведет к падению туристического спроса и, как следствие, к падению прибыли.

Берлин выполнял серьезную задачу объединения двух разрозненных городских формирований и, хоть в некотором смысле и можно говорить о победе градостроительных регламентов над архитектурным самовыражением, Берлин на своем примере продемонстрировал необходимость установления рамок для нивелирования риска хаотичной застройки.

Гонконг, являясь мировой бизнес-столицей, сосредоточил свое внимание на создании удобной и комфортной среды для высококомобильных людей. Основной его задачей является создание такого пространства, которое будет интуитивно понятно бизнес элите, а с учетом того, что на данный момент градообразующими объектами в большинстве стран являются административно-офисные кварталы, которые зачастую представляют собой высотную застройку, этот функционал с легкостью воплощается.

Пиньяо, в свою очередь, в силу исторических причин вовсе стал городом-музеем. А значит он не ориентирован на создание комфортной среды для жителей с учетом всех достижений технологического прогресса, но направлен на хранение и воспроизведение исторической атмосферы средневекового Китая.

Зачастую в большинстве городов по всему миру при условии развитости градостроительного аппарата и относительно спокойных политических и экономических ситуаций мы можем встретить все четыре подхода в отдельных своих проявлениях. Безусловно, вопрос реконструкции там зачастую встает в тот момент, когда нынешняя городская среда не способна обеспечить свой функционал, зависящий от различных факторов. Как правило, в первую очередь реконструкция необходима, если со временем пропали удобство и быстрота городского движения как пешеходов, так и транспортных средств.

Также необходимость реконструкции часто обусловлена и естественными причинами, в числе которых истечение срока технической амортизации зданий или нерациональное использование наличествующей территории, в том числе естественного происхождения. Например, О.Ш. Мазариегос, изучая расположения разного рода рукотворных пересечений водных объектов в Гватемале, пришел к выводу о необходимости их восстановления с планировочной точки зрения в виду наибольшей рациональности их использования [7, С.456-471].

В данной статье была проанализирована эволюция подходов к градостроительной практике, виды и задачи территориального планирования и особенности реконструкции территорий. Ключевыми выводами являются:

Градостроительство учитывает специфику отдельных городов и ориентировано на: экономическое развитие территорий, минимизацию негативного воздействия на экологию, сохранение исторического наследия, сохранение культурного наследия и поддержание эстетического облика города.

Система функционального зонирования устарела. Современные города нуждаются в смешанных территориях, для реализации потребности своих жителей.

Дискуссия о подходах к территориальному планированию все еще продолжается в научном сообществе, и на данном этапе позиционирует

вовлеченность общественности как необходимое условие устойчивого развития города.

Город является сложно системой, на функционирование которой влияет множество факторов. Учет как можно большего числа факторов, анализ путей их потенциального влияния на территорию и предвосхищение ее будущего развития позволяет сформулировать наиболее точный и эффективный план территориального развития.

Город существует для людей, поэтому одной из главных задач градостроительной политики – учет нужд всех пользователей территории, как актуальных, так и потенциальных.

Список литературы:

1. Гордей А. А. Необходимость и особенности реконструкции городских территорий, находящихся в производственном фонде

УДК 711.168

действующих промышленных предприятий г. Белгород. // Инновационная наука. - 2017.

2. State, Paul F. (2004). "Brusselization". Historical dictionary of Brussels. Historical dictionaries of cities of the world. 14. Scarecrow Press.

3. Прямая речь: Экс-главный архитектор Берлина — о старых городах и молодых жителях. URL: <https://www.the-village.ru/village/city/architecture/124509-shtiman>

4. Ложкин А. Очерк 7. Рамки Традиций. URL: <https://archi.ru/russia/47279/ocherk-7-ramki-tradicii>

5. Прямая речь: Экс-главный архитектор Берлина — о старых городах и молодых жителях. URL: <https://www.the-village.ru/village/city/architecture/124509-shtiman>

6. Mazariegos O.C. Technologies of urbanism in Mesoamerica: The pre-Columbian bridges of Cotzumalhuara, Guatemala // Antiquity. 2018. № 92(362). С. 456-471.

Savchenko R.V.

master's student of the Department of Architecture and Spatial Planning of FABD

Buravchenko S.G.

candidate of Architecture, Professor of the Department of Architecture and Spatial Planning of FABD National Aviation University, Kyiv, Ukraine.

PRINCIPLES OF COMPREHENSIVE RECONSTRUCTION OF STATION TERRITORIES (ON THE EXAMPLE OF KYIV RAILWAY STATION)

Савченко Роман Володимирович

магістрант кафедри архітектури та просторового планування ФАБД

Буравченко Сергій Григорович

к.арх., професор кафедри архітектури та просторового планування ФАБД

Національний авіаційний університет, Київ, Україна.

ПРИНЦИПИ КОМПЛЕКСНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРИВОКЗАЛЬНИХ ТЕРИТОРІЙ (НА ПРИКЛАДІ КИЇВСЬКОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ВОКЗАЛУ)

Summary. Peculiarities and principles of complex reconstruction of station territories are revealed on the example of Kyiv railway station on the basis of domestic and foreign experience, for formation of approaches and methods of using historical heritage.

Анотація. Виявлені особливості та розроблені принципи комплексної реконструкції привокзальних територій на прикладі київського залізничного вокзалу на основі вітчизняного та зарубіжного досвіду, для формування підходів та методів використання історичної спадщини.

Key words: reconstruction; station areas; industrial zone; railway station; station area; revitalization.

Ключові слова: реконструкція; привокзальні території; промислова зона; залізничний вокзал; привокзальна площа; ревіталізація.

Постановка проблеми. У світі зростає важливість залізничного вокзалу і його територій, як простору для організації і розподілу пасажиропотоків, а також комунікації, обміну інформацією, місцем торгівлі, ділових відносин, розваг, відпочинку та соціальної взаємодії. В контексті цих тенденцій комплексна реконструкція привокзальних територій стає все більш актуальною.

Аналіз досліджень та публікацій. Комплекси залізничних вокзалів були досліджені у багатьох роботах, але більша частина прикладів націлена на будівлю вокзалу та привокзальну площу. Комплексний підхід до вирішення цього питання обумовлене тісним взаємозв'язком компонентів привокзальних територій. Вокзальні комплекси були досліджені:

– архітектурне проектування: Н. Васильєва, К. Херцєга, Г. Є. Голубєва, В. Щєтинїна, В. П. Дахно, В. М. Батирєва, І. Г. Явєйна

багатофункціональні транспортні комплекси: М. В. Тєлбїзовой, Н. В. Максимєнко, Н. Русакова;

– вплив вокзальних комплексів на місто: О. Ш. Тер-Восканян, А. Є. Гутнова, Н. М. Христїюка;

– транспортні системи: І. Є. Савченко, Н. В. Правдїна, С. В. Земблїнова.

Аналіз наведених робіт доводить, що переважна кількість науковців концентрує увагу на суто технологічному аспекті привокзальних територій як розподіляючих потоки пасажирів і транспорту комунікаційних просторів. При цьому за межами уваги залишаються прилеглі промислові і комунально-складські території, які сьогодні мають бути адаптовані під сучасне обслуговування пасажирів, організацію їх дозвілля на час пересадок на наступні види транспорту.

Ціль статті. Виявлення особливостей та визначення принципів комплексної реконструкції привокзальних територій на прикладі київського залізничного вокзалу на основі вітчизняного та зарубіжного досвіду, для формування підходів та методів використання історичної спадщини.

Виклад основного матеріалу. Привокзальні території на сьогоднішній день вміщують велику кількість занедбаних об'єктів та зон, які потребують часткового або повного відновлення та не відповідають сучасним вимогам, що створюють «обличчя» великих міст. Зокрема це стосується

Привокзальної території центрального залізничного вокзалу міста Києва – столиці України. За час будівництва та розвитку київський залізничний вокзал перетворився на значний, але суперечливий містобудівний об'єкт, що складається з хаотично сформованих будівель та споруд, просторів та розгалуженої містобудівної інфраструктури, що потребує системного впорядкування.

При реконструкції вокзальних комплексів у зарубіжних та вітчизняних прикладах як правило розглядаються будівлі вокзалу та привокзальної площі, але необхідно зважати на актуалізований комплекс функцій та просторів привокзальних територій. Модернізація комплексу привокзальних територій обумовлена великою кількістю додаткових функцій, для вирішення яких потрібно визначити ряд принципів і прийомів такої реконструкції.

Наступні матеріали щодо реконструкції привокзальних територій із вітчизняної і зарубіжної практики дозволяють систематизувати різні рішення щодо реконструкції привокзальних територій, виокремити проблеми та, особливості, розробити принципи і прийоми такої реконструкції. Аналіз численних прикладів дозволів узагальнити ці аспекти як систему послідовних деталізацій постановки проблемних завдань і реалізації в архітектурних рішеннях.

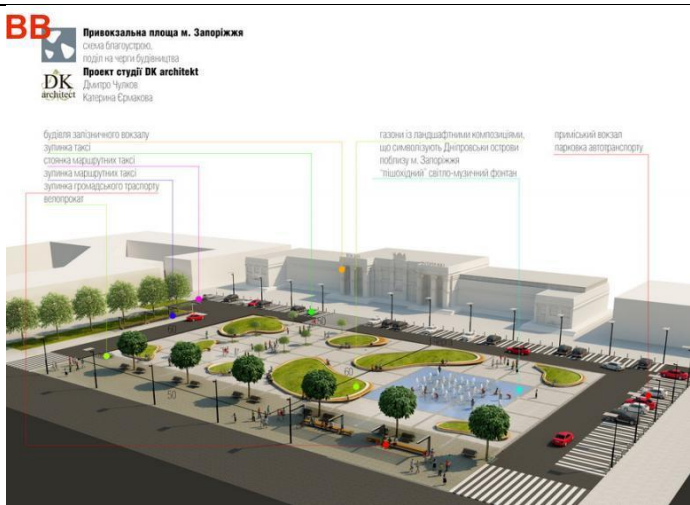
Цю аналітичну роботу відображено для Київського залізничного вокзалу на таблиці 1.

Вітчизняні приклади	
	
<p>Вокзал: Львівський Статус: Реконструйований Країна: Україна Місто: Львів Рік: 2018 Автор: Інститут просторового розвитку</p>	<p>Доступ громадського транспорту та таксі до фасаду вокзалу. Створення пішохідних променад в сторону центру міста. Оновлення громадського скверу в близькості від головної площі вокзалу. Створення автопаркінгу та зупинок таксі.</p>



Вокзал: Дніпропетровський
Статус: Проект
Країна: Україна
Місто: Дніпро
Рік: 2016
Автор: Дольнік і Ко

Реорганізація руху громадського транспорту та створення зручних місць очікування. Організація пішохідної променади, озеленення по вісі від вокзалу до стелли.



Вокзал: Запоріжжя-1
Статус: Проект
Країна: Україна
Місто: Запоріжжя
Рік: 2015
Автор: DK architects

Створення громадської зони з озелененням, сухим фонтаном, місцями для відпочинку та розваг.
Влаштування велопрокату, зупинок громадського транспорту, таксі та паркомісць.



Вокзал: Головний Криворізький
Статус: Проект
Країна: Україна
Місто: Кривий Ріг
Рік: 2020
Автор: Костянтин Павлов

Організація транспорту, зупинок громадського транспорту, паркомісць та двох громадських просторів-скверів в близькості до будівлі вокзалу.



Вокзал: Тернопільський
Статус: Реконструйований
Країна: Україна
Місто: Тернопіль
Рік: 2019
Автор: ФОП Іван Кіпіш



Організація транспорту, зупинок громадського транспорту та паркомісць що не перетинають пішохідний шлях у напрямку центру міста. Влаштовані місця відпочинку та запроєктовані нові функціональні будівлі.



Вокзал: Ковельський
Статус: Проект
Країна: Україна
Місто: Ковель
Рік: 2021
Автор: МПП «АДК»



Організована транспортна система з громадського транспорту, особистого, велодоріжок та пішохідних шляхів. Влаштована променада та сквер. Влаштована станція громадського транспорту.



Вокзал: Головний Вінницький
Статус: Проект
Країна: Україна
Місто: Вінниця
Рік: 2021
Автор: Агенція просторового розвитку



Організовані зупинки громадського транспорту та таксі, зони для відпочинку та паркомісця.

Зарубіжні приклади



Вокзал: Київський

Статус: Проект

Країна: Росія

Місто: Москва

Рік: 2020

Автор: В рамках проекту «Мій район»



Реорганізована транспортна система району, зі збільшенням пішохідних просторів. Збільшена доступність та влаштовані сквери та зони для відпочинку, розваг та комерції.



Назва: Вокзал Льєж-Гіймен

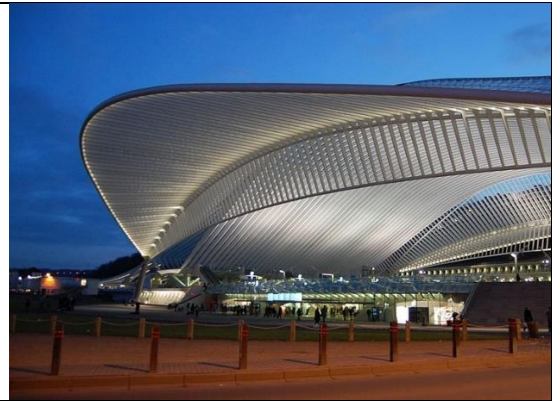
Статус: Реконструйований

Країна: Бельгія

Місто: Льєж

Рік: 2009

Автор: Сантьяго Калатрава



Збудовано квартал обслуговування відвідувачів: харчування, розваги та відпочинок. Реконструйовано головну площу з організацією під'їзду до вокзалу, зупинкою громадського транспорту та велопаркінгом.



Вокзал: Головний

Статус: Реконструйований

Країна: Німеччина

Місто: Дрезден

Рік: 2006

Автор: Норман Фостер



Затиснений комерційною забудовою і громадськими просторами привокзальні території відновлені зі створенням підземних рівнів, які включають різні функції обслуговування пасажирів та простори.



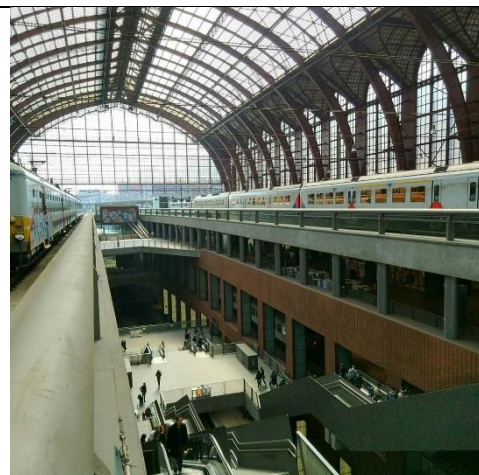
Вокзал: Лондон-Ватерлоо
Статус: Реконструйований
Країна: Англія
Місто: Лондон
Рік: 1993
Автор: Ніколя Грімшоу



Обмежений комплекс вокзалу в центрі міста має багаторівневу структуру з автопаркінгом, касами, залами очікування та іншими обслуговуючими функціями.



Вокзал: Антверпен-Центральний
Статус: Реконструйований
Країна: Бельгія
Місто: Антверпен
Рік: 2008
Автор: Норман Фостер



Станцію вокзалу перетворено з тупикової в прохідну. Створенно багаторівневу структуру з різними видами транспорту на різних рівнях. Стару будівлю вокзалу збережено.



Вокзал: Страсбург-Віль
Статус: Реконструйований
Країна: Франція
Місто: Страсбург
Рік: 2007
Автор: Жан-Марі Датіль



Привокзальні площі були накриті застеленим куполом. Прийняті заходи для пасажирів з обмеженими фізичними можливостями. Купол дозволив збільшити кількість обслуговуючих функцій.



Вокзал: Вільнюс
Статус: Проект
Країна: Литва
Місто: Вільнюс
Рік: 2021
Автор: ЗХА

Привокзальні території стали різнорівневими, де на нульовому рівні влаштований парк з громадськими просторами. Реорганізований під'їзд громадського транспорту.



Вокзал: Лондон-Бридж
Статус: Проект
Країна: Англія
Місто: Лондон
Рік: 2018
Автор: Ніколас Грішмо

Багаторівнева структура поєднує в собі різноманітні функції на відповідних рівнях, зберігаючи історичний фасад споруди.



Вокзал: Гар-дю-Нор
Статус: Проект
Країна: Франція
Місто: Париж
Рік: 2018
Автор: Valode & Pistre

Багаторівнева структура поєднує в собі різноманітні функції на відповідних рівнях, зберігаючи історичний фасад споруди.



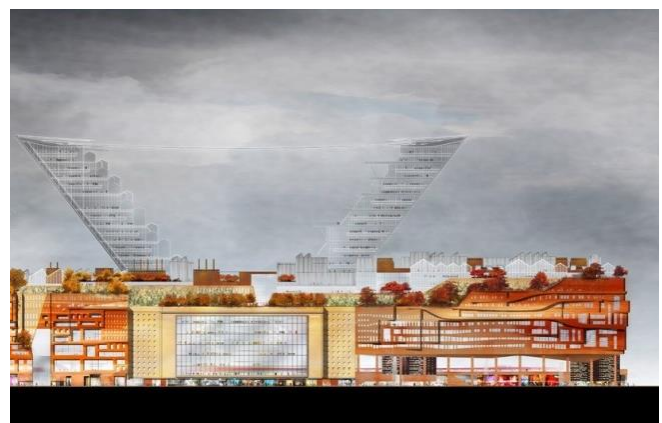
Вокзал: Фліндерс-стріт
 Статус: Проект
 Країна: Австралія
 Місто: Мельбурн
 Рік: 2013
 Автор: HASSELL + Herzog & de Meuron

Нова форма вокзалу продовжується на привокзальних територіях і відкриває доступ до набережної, влаштовуючи зручний підхід до води.



Вокзал: Кінгс-Кросс
 Статус: Реконструкція
 Країна: Англія
 Місто: лондон
 Рік: 2012
 Автор: Джон МакАслан

Нове купольне покриття над привокзальною площею об'єднує два вокзали при цьому зберігаючи фасади старої будівлі і значно розширюючи функціонал і прохідну спроможність обох.



Вокзал: Південний
 Статус: Проект
 Країна: Бельгія
 Місто: Брюссель
 Рік: 2011
 Автор: Жан Нувель

Багаторівнева споруда, поєднує в собі різноманітні функції не тільки для пасажирів, а для місця. Реорганізована транспортна система.

Вітчизняні приклади концентруються виключно на привокзальних площах в напрямку гуманізації середовища, або підвищення транспортної спроможності, в той час як зарубіжні

прикладі показують прагнення до компактності в умовах обмеженого історично складеного середовища, що проявляється у багаторівневості вокзальних комплексів і спробі поєднати усі

доступні види транспорту в єдину комунікаційну вертикаль не виключаючи додаткові функції. Якщо проводиться реконструкція будівлі вокзалу зберігається її історичний фасад, тупикова станція перетворюється на прохідну, збільшуються платформи, на привокзальних території створюються розвинені функціональні структури – споруди і лінійні об'єкти, пов'язані з пасажирськими потоками: комерція, забезпечують розваги і відпочинок та інші громадські простори. На відміну від вітчизняних прикладів, зарубіжні вокзальні комплекси це глобальні містобудівні об'єкти, а значить потребують значних фінансових впливань: долучаються інвестори які розміщують свої підприємства та офісні приміщення на привокзальних територіях, утворюється взаємовигідний компромісний підхід.[2]

Головними завданнями комплексної реконструкції привокзальних територій в розвиненій країнах є:

- удосконалення міської інфраструктури;
- покращення доступності;
- скорочення комунікації між ключовими громадськими або транспортними вузлами;
- створення та покращення обслуговуючих функцій;
- підвищення якості життя містян;
- підвищення художньо-естетичних якостей територій, споруді благоустрою.

Ці завдання вирішуються такими прийомами:

- створення нових рівнів з інтеграцією різних видів транспорту;
- створення або відновлення кварталів з обслуговуючими функціями;

- влаштування зручної інфраструктури;
- використання раціональних площ над залізничними коліями;
- гармонійне поєднання сучасних та історичних елементів, використання існуючого міського середовища.

Європейські залізничні шляхи підвищують якісні показники та вимагають від європейських міст переходу на новий рівень обслуговування залізничної системи. Деякі шляхи стосуються або навіть беруть початок в українських містах, наприклад міжнародний транспортний коридор «Via Regia» Київ (Україна) – Сантьяго де Компостела (Іспанія)[3]. На сьогоднішній день це ключова вісь «схід-захід» і найбільш розвинений транспортний зв'язок між ключовими вузлами ЄС та Україною. Це надає йому особливого стратегічного значення для економічної інтеграції України до Європейського союзу. Для використання цього напрямку необхідно підтримувати європейську якість вокзальних комплексів, де ключовим пунктом стає київський залізничний вокзал.

Привокзальні території київського залізничного вокзалу мають ряд важливих недоліків які потребують комплексного вирішення. Комплексна реконструкція привокзальних територій будується на принципах, які допомагають сформулювати прийоми реконструкції. Але формування принципів, в свою чергу, передбачає виявлення та аналіз проблем та особливостей привокзальних територій.

Таблиця 1

Особливості, принципи та відповідні прийоми комплексної реконструкції привокзальних територій на прикладі київського залізничного вокзалу

Проблеми і особливості	Принципи	Прийоми
Невідповідність величини пасажиропотоків до спроможності територій якісно обслуговувати пасажирів	Збільшення кількості і якості обслуговування пасажирів на привокзальних територіях	Узгодження відповідності величини пасажиропотоків з кількістю та якістю обслуговування на привокзальних територіях, влаштування нових та оновлення існуючих функцій та просторів
Відсутність орієнтирів, та незрозумілість середовища.	Орієнтація людей	Створення наглядних або ненаглядних орієнтирних знаків, вказівок та схем для для зручності відвідувачів
Незручність та недоступність для відвідувачів привокзальних територій	Спрощення комунікації, оновлення та влаштування нових пішохідних шляхів	Улаштування зручних пандусів на всіх перепадах висот для комфорту усіх категорій населення; Прокладка нових та оновлення існуючих пішохідних шляхів які поєднують ключові точки привокзальної території
Недоступність та незручність комунікації між іншими видами транспорту на привокзальній території	Організація маршрутів та влаштування доступної та зручної комунікації як пересадковий вузол міста	Улаштування необхідних комунікаційних зв'язків між станціями та зупинками різних видів транспорту на привокзальних територіях: пішохідні шляхи, травалатори, пандуси, ескалатори, сходи, ліфти, надземні переходи, підземні переходи
Незручна транспортна система на привокзальних територіях	Реорганізація транспортної системи в контексті містобудівної ситуації	Переосмислення, реорганізація та будівництво додаткових транспортних шляхів та під'їздів усіх видів транспорту на привокзальних територіях

Наявність незручних та непотрібних для міста функцій, об'єктів та просторів	Узгодження територій з генеральним планом в контексті стратегії розвитку міста	Встановлення існуючих функцій, об'єктів, будівель, споруд та просторів на доцільність та відповідність потребам міста в контексті стратегії розвитку Києва станом на 2021 рік, видалення або оновлення таких за потреби
Невідповідність функцій привокзальних територій сучасним потребам міста	Узгодження функцій території з цілями сталого розвитку, нагальним економічним та соціальним запитом	Узгодження з містом актуальних та потрібних функцій, таких як: готель, ресторан, торгівельні простори, тощо

Проблеми і особливості	Принципи	Прийоми
Наявність на території певної кількості архітектурних пам'яток	Виявлення та збереження історичної спадщини території	Формування проектних рішень для обережного втручання сучасних функцій в існуючу архітектурну пам'ятку з використанням доцільного в даній ситуації методу: методи аплікації, аналогії, інтеграції
Забрудненість та засміченість покинутої території та споруд	Очищення та покращення естетичної якості міського середовища та архітектурно-просторових характеристик	Очищення привокзальних територій від сміття, непотрібних об'єктів, улаштування смітників в доступних місцях з достатньою періодичністю для запобігання подальшого засмічення; очищення та реставрація будівель та споруд для естетичної привабливості
Наявність природного ландшафту	Охорона та відновлення природного ландшафту	Максимальне збереження та ревіталізація природних ландшафтів та рослинних ділянок на привокзальних територіях
Наявність діючих промислових об'єктів	Збереження, часткова або повна рефункціоналізація промислових об'єктів	Збереження та оновлення діючих промислових об'єктів; видалення шкідливих або потенційно небезпечних промислових об'єктів; реновація та редевелопмент діючих промислових об'єктів для більш доцільних функцій та просторів
Наявність стихійних торгових точок та просторів	Організація торгових об'єктів в доступну та зручну форму	Облік усіх торгових точок та просторів привокзальної території, усунення непотрібних, реорганізація в нові форми торгівельних просторів з введенням нових; організація зручної та доступної комунікації для усіх бажаючих
Непривітність та неестетичність привокзальних територій	Покращення стану та естетичної якості в цілому	Розробка проектних рішень з високими естетичними показниками в контексті привокзальних територій як «обличчя» міста; виявлення культурного, історичного та естетичного коду району, розробка проекту з його урахуванням для акцентування естетичних якостей

З метою реалізації цих принципів була розроблена проектна пропозиція комплексної реконструкції привокзального кварталу в межах вулиць Старовокзальна, Жилианська та Симона Петлюри. На цій території стихійно розміщена велика кількість малоцінних споруд деяка кількість з яких пристосована під не зв'язані функції. На території стихійно розвивається автовокзал «Київ», який не інтегрований в оточуючу забудову

функціонально відірваний і стихійно оформлений випадковими кіосками і павільйонами, не вирішено багато потрібних функцій. В результаті здійснених заходів з ревіталізації середовища було запропоновано пропозиції які дозволяють впорядкувати привокзальні території, підвищуючи загальну екологічність, художню-естетичність, доступність, зручність та якість використання.

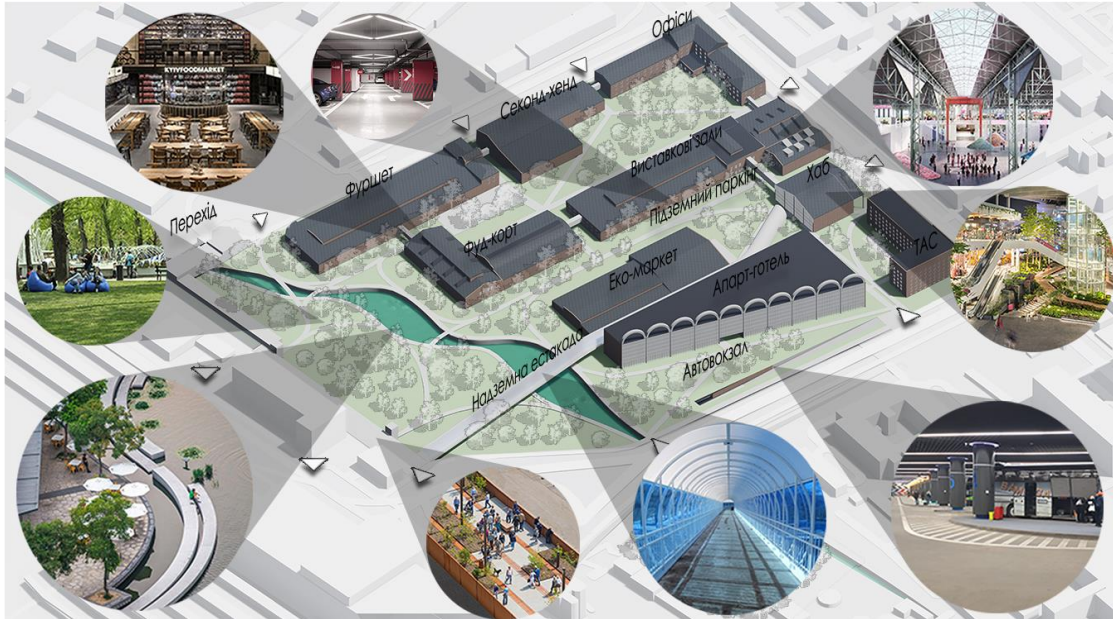


Рис.1. Схема проектних пропозицій «Комплексна реконструкція привокзальних територій на прикладі київського залізничного вокзалу»

Отже, комплексна реконструкція привокзальних територій київського залізничного вокзалу передбачає комплекс дій які опираються на принципи та прийоми комплексної реконструкції, а саме:

- санація території вздовж русла річки Либідь з її подальшим благоустроєм;
- спорудження багаторівневого комплексу з автовокзалом та паркінгом який забезпечують тимчасове зберігання автомобілів приїжджих на підземному рівні, сервісами обслуговування та громадського харчування на наземному рівні, та готелем та хостелем на надземному рівні відповідно;
- об'єднано наскрізним комунікаційним коридором обладнаним травелаторами для зручного доступу до багатьох будівель привокзальних територій;
- передбачені заходи щодо збереження пам'яток архітектури які на сьогодні працюють як підприємства та заклади громадського харчування, їх реставрація з пристосуванням до потрібних місту функцій;
- запропоновано реконструкцію усіх безпечних для експлуатації будівель та усунення усіх захаращених або небезпечних для використання об'єктів;
- облаштування привокзальних територій для зручної комунікації, відпочинку та інших громадських функцій.

Передбачено подальше очищення річки Либідь, санацію з використанням пробіотиків для очищення води і запобігання запахів.

Висновки і пропозиції. В плінні еволюції, вокзали як транспортні вузли стали обростати новими функціями та просторами, але як правило привокзальні території обмежені певними містобудівними умовами, зокрема забудовою що склалася. Реконструкція містоутворюючого

об'єкту потребує комплексного перегляду усіх привокзальних територій. Комплексна реконструкція привокзальних територій передбачає дотримання ряду принципів, які визначені в даній роботі: врахування збільшення кількості і якості обслуговування пасажирів на привокзальних територіях; організації системи торгових об'єктів в доступну та зручну форму; оновлення пішохідних шляхів; спрощення комунікації та організація маршрутів; впорядкування функцій різного типу; узгодження нових функцій соціально-економічним запитом; мінімізація втручання в історичне середовище; покращення естетичної і екологічної якості міського довкілля.

Список літератури:

Буравченко С.Г., Горбунова А.І. Сучасні підходи до реновації промислових районів зі створенням міських громадських просторів. Теорія та практика дизайну. вип. 20.2020: зб. наук. праць. Київ 2020. 7-15 с.

Чобан О.Я, Демків М.В. Європейський досвід реконструкції та модернізації залізничних вокзальних комплексів великих міст / Вісник Національного університету "Львівська 288 Містобудування та територіальне планування політехніка". № 728. Архітектура: збірник наукових праць / Національний університет "Львівська політехніка". Львів : Вид-во "Львівська політехніка", 2012. 138-143 с.

Мазур Т.М., Король Є.І. Залізничний вокзальний комплекс як чинник містобудівного розвитку крупного міста (на прикладі м. Львова) / Вісник Національного університету "Львівська 288 Містобудування та територіальне планування політехніка". № 58. Львів : Вид-во "Львівська політехніка", 2015. 178-189 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абалдуев Роман Николаевич,

Доцент

ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, к.п.н.

Завражнов Андрей Анатольевич,

начальник Инжинирингового центра

ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, к.т.н., доцент

Ланцев Владимир Юрьевич,

зав. кафедрой ТТМиОК

ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, д.т.н., доцент

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМАТИЗАЦИИ ПОСЕВНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ОВОЩНЫХ И ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

[DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.74.132](https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.74.132)

Базы данных являются основополагающим элементом информационных систем и позволяют структурировать, хранить и использовать необходимую информацию в проектных процедурах.

По общему определению ряда международных и отечественных стандартов (например: ГОСТ 20886-85 «Организация данных в системах обработки данных», ГОСТ 34.320-96 «Информационные технологии. Система стандартов по базам данных. Концепции и терминология для концептуальной схемы и информационной базы», ГОСТ 33707-2016 (ISO/IEC 2382:2015) «Информационные технологии. Словарь» и др.), **база данных (БД, database)** – это поименованная совокупность структурированных данных, относящихся к определенной предметной области.

Основным отличием вновь разрабатываемой БД от существующих «коммерческих» БД (например: портал АГРОБАЗА и др.) является ее интерактивный (диалоговый) характер в области конструктивных особенностей (атрибутов) узлов и агрегатов рассматриваемых технических средств.

Данный факт позволяет отнести вновь разрабатываемую БД к разряду процедурного компонента проектного САПР.

* Результаты исследований, представленные в статье, получены в рамках реализации Соглашения №075-11-2019-041 от 22 ноября 2019 г. между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и ПАО «Миллеровосельмаш» на выполнение НИОКТР по теме «Создание высокотехнологичного производства многофункциональных комплексов для посева и возделывания пропашных и овощных культур в системе «точного» и «нулевого» земледелия на базе интеллектуальных мехатронных модулей». НИОКТР выполняется в организации Головного исполнителя (ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ).

Предметной областью вновь разрабатываемой специализированной нормативно-справочной базы данных (БД) являются описания и технические характеристики отечественных и зарубежных

сеялок точного высева (их узлов и агрегатов) для пропашных и овощных культур в системе «точного» и «нулевого» земледелия.

Основной функцией программы является накопление и систематизация информации по посевной технике для пропашных и овощных культур с возможностью интерактивного поиска, фильтрации и сравнения результатов.

Программа обеспечивает добавление новых элементов базы данных, редактирование накопленной информации, добавление новых характеристик и параметров техники, поиск и визуализацию полученных результатов в виде гипертекстовых документов.

Хранение информации производится в СУБД MS Access, для организации комфортной визуальной среды разработан модуль графического интерфейса.

Система доступа к данным построена на основе ядра базы данных Access Database Engine. Ядро базы данных используется для создания реляционных баз данных: таблиц для хранения данных и объектов баз данных, таких как индексы; выполняет загрузку, сохранение и извлечение данных в пользовательских и системных базах данных; обеспечивает высокую производительность и улучшенные сетевые характеристики, поддержку двухбайтового представления символов - Unicode, позволяющего использовать символы нескольких национальных алфавитов [1].

База данных Access включает следующие сохраняемые в одном ACCDB- файле объекты [2]:

- таблицы, запросы, схемы данных, непосредственно имеющие отношение к базе данных;
- формы, отчёты, макросы и модули, называемые объектами приложения.

Формы и отчёты предназначены для типовых процессов обработки данных: просмотра, обновления, поиска по заданным критериям, получения отчётов. Эти объекты приложений конструируются из графических элементов, называемых элементами управления. Основные элементы управления служат для отображения

полей таблиц, являющихся источниками данных объекта.

Для автоматизации доступа к объектам и их взаимодействия используется программный код [3]. Только с помощью программного кода получается полноценное приложение пользователя, функции которого доступны через меню, панели инструментов и формы. Для создания программного кода служат модули на языке VBA и макросы.

Каждый объект и элемент управления имеет свои свойства, определяя которые можно настраивать их. С каждым объектом и элементом

управления связывается набор событий, которые могут обрабатываться макросами или процедурами обработки событий на VBA, входящими в состав модулей форм, отчетов [4].

На основании анализа современного состояния технологий и решений в области разработки информационных систем, а также проведенного анализа и формализации информационных требований пользователей, была разработана следующая структура специализированной нормативно-справочной базы данных «Посевная техника для пропашных и овощных культур» (Рис. 1):

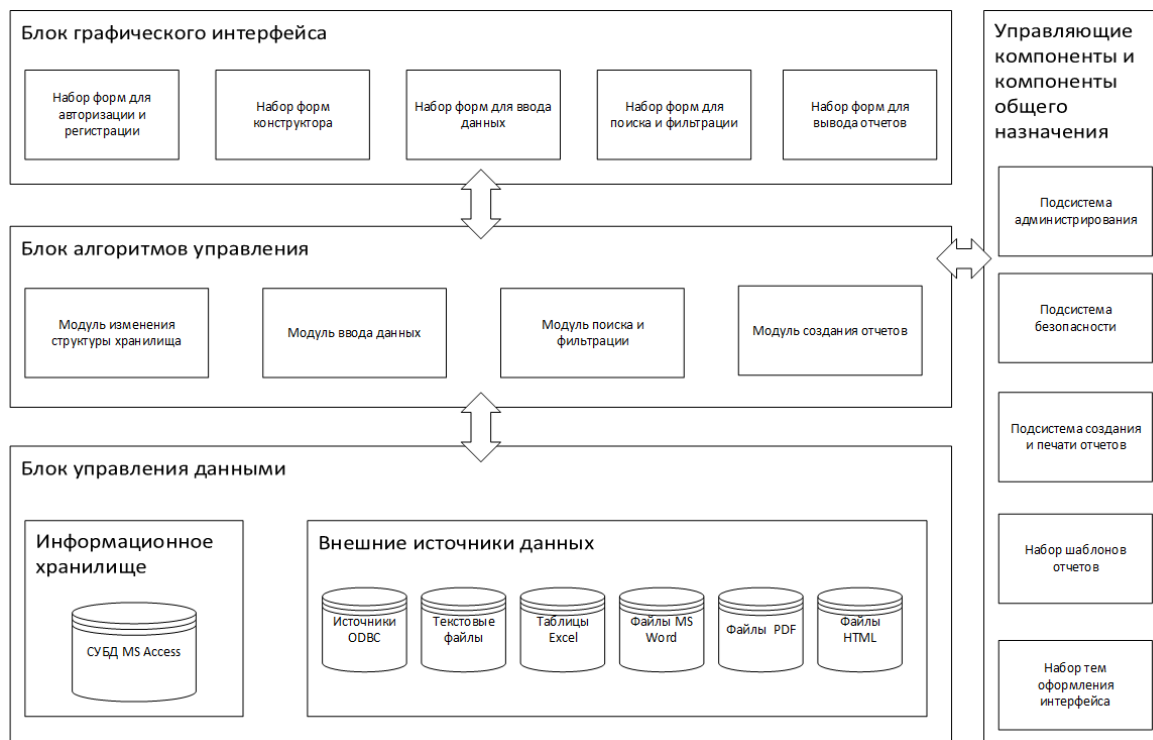


Рисунок 1. Структура специализированной нормативно-справочной базы данных «Посевная техника для пропашных и овощных культур»

Структура специализированной нормативно-справочной базы данных содержит следующие основные блоки:

- блок графического интерфейса;
- блок алгоритмов управления;
- блок управления данными;
- блока управляющих компонентов и компонентов общего назначения.

Блок графического интерфейса содержит набор форм (окон графического интерфейса), которые представляют собой прямоугольные области на экране монитора с набором графических элементов (поля ввода текста, кнопки, радиокнопки, текст, рисунки и т.д.), предназначенных для организации взаимодействие пользователя с информационной системой. В состав этого блока входят следующие наборы форм:

- формы авторизации и регистрации;

- формы конструктора, предназначенные для взаимодействия с модулем изменения структуры хранилища;

- формы ввода данных, предназначенные для взаимодействия с модулем ввода данных;

- формы поиска и фильтрации, взаимодействующие с модулем поиска и фильтрации;

- формы вывода отчетов, взаимодействующие с модулем создания отчетов.

Блок управляющих компонентов и компонентов общего назначения в структуре информационно-справочной системы содержит элементы, обеспечивающие реализацию следующих задач [1]:

- проверку прав пользователей и разграничение доступа на основе заданных прав;
- создание резервных копий базы данных;
- запуск задач по планировщику;
- работу с подсистемой печати;

- использование индивидуальных тем оформления интерфейса и различных вариантов оформления отчетов;

- хранение типовых поисковых запросов и скриптов администрирования системы.

Блок алгоритмов управления содержит набор классов для реализации основных функций разрабатываемой информационно-справочной системы, а именно:

- модуль изменения структуры хранилища, предназначенный для добавления/изменения/удаления свойств объектов, хранящихся в базе данных;

- модуль ввода данных, реализующий заполнение/редактирование информации в соответствующих таблицах базы данных;

- модуль поиска и фильтрации;

- модуль формирования отчетов.

Основным элементом блока управления данными является информационное хранилище, которое содержит базу данных информационно-справочной системы. При проектировании базы данных использовалась методология ANSI/SPARC, основные мероприятия которой можно условно разделить на четыре этапа:

1. Планирование и анализ предметной области. На данном этапе устанавливаются цели организации, определяются требования к базе данных. Все требования документируются для последующей передачи заказчику и разработчику. На данном этапе также осуществляется проверка осуществимости создания базы данных.

2. Проектирование концептуальной модели. Данный этап заключается в описании и синтезе информационных требований пользователей в первоначальный проект базы данных. Концептуальная модель сосредотачивает в себе все элементы данных, необходимые для занесения в базу. Основные элементы концептуальной модели — это объекты и отношения (связи).

3. Логическое проектирование. На данном этапе высокоуровневое представление данных преобразуется в структуру используемой СУБД. Итогом логического проектирования является готовая структура базы данных, направленная на какую-то конкретную систему управления базами данных, и спецификации прикладных программ. Результатом данного этапа является логическая модель базы данных [5].

4. Физическое проектирование. Данный этап подразумевает решение вопросов, связанных с производительностью системы, определение структуры хранения данных и методов доступа. Результатом данного этапа является физическая модель базы данных.

На основании приведенной выше методики определим этапы, из которых будет состоять разработка базы данных [9]:

1. На основании информационных потребностей пользователей, проанализировать объекты реального мира, которые необходимо смоделировать в базе данных, сформировать из этих объектов сущности и характеристики этих сущностей.

2. Необходимо выделить таблицы и поля, которые уникальным образом идентифицируют каждый объект [9].

3. На данном этапе проектируются связи между таблицами.

4. Установка правил ссылочной целостности. Для создания базы данных был проведен анализ предметной области и информационных потребностей пользователей, и были выделены основные требования к проектируемой БД [1]:

- программный продукт должен осуществлять поиск по основным характеристикам полевой техники для пропажных и овощных культур в базе данных с отображением результатов в виде таблицы-списка;

- должен формироваться исходный набор характеристик и их предельных значений, по которым осуществляется поиск, сортировка и фильтрация информации, содержащейся в базе данных;

- разрабатываемая БД должна обеспечивать сортировку и фильтрацию результатов поиска с отображением выходных данных в виде таблицы-списка;

- должна предоставляться возможность выбора из таблицы-списка конкретного экземпляра техники с выводом детальной информации о нем в виде гипертекстового документа [6];

- программный продукт должен обеспечивать возможность отбора из таблицы-списка нескольких экземпляров техники для их детального сравнения с отображением результатов в виде гипертекстового документа [7];

- должен обеспечиваться персонализированный доступ к внесению и модификации информации в базе данных на основании авторизации и аутентификации [8].

Моделирование предметной области базируется на использовании графических диаграмм, включающих разнородные компоненты (сущности, связи, типы данных). Модель «сущность – связь» отображена в виде ER-диаграммы на рисунке 2.

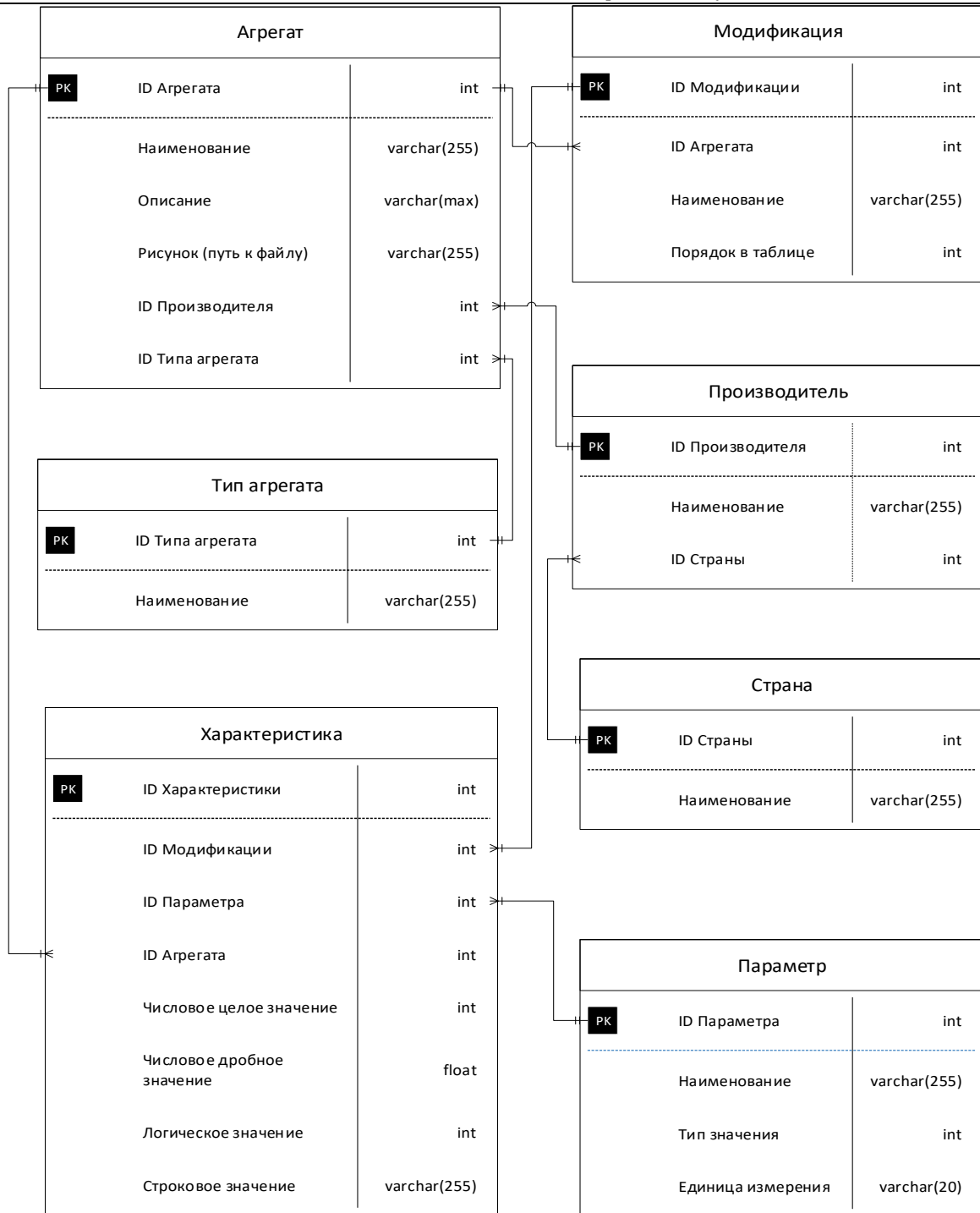


Рисунок 2. ER-диаграмма модели предметной области

На основании приведенной ER-диаграммы была создана схема данных, которая представлена рисунке 3.

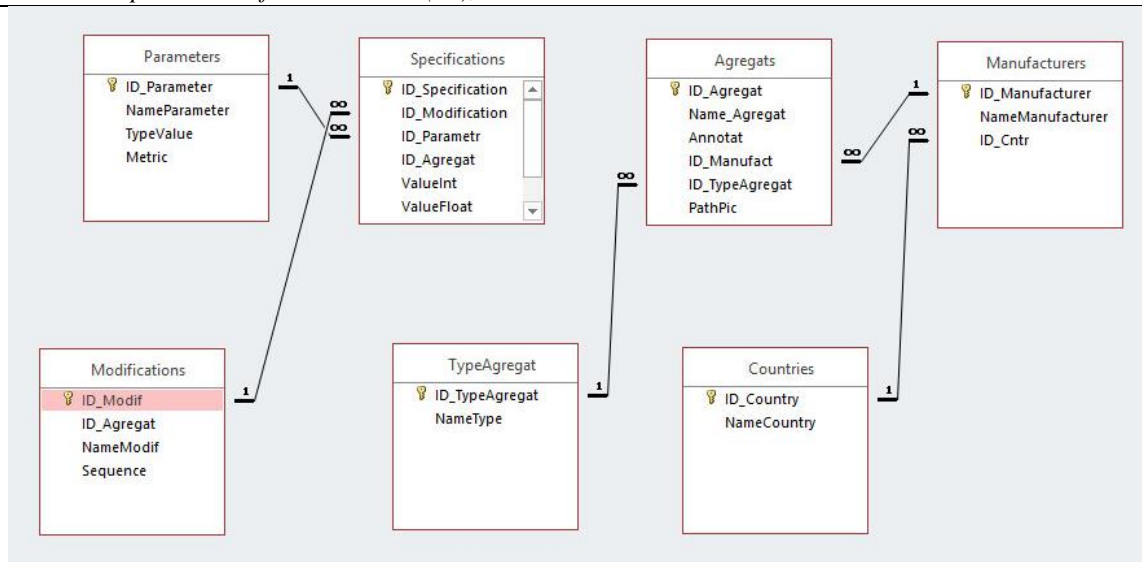


Рисунок 3. Схема данных модуля СУБД

Исходным языком разработки программного продукта был выбран Visual Basic for Applications (VBA), в качестве системы управления базами данных (СУБД) используется Microsoft Access 2003-2016. Отдельные модули программы разработаны на языке C# в среде Visual Studio 2017.

Основной функцией программы является накопление и систематизация информации по посевной технике для пропашных и овощных культур с возможностью интерактивного поиска, фильтрации и сравнения результатов. Программа обеспечивает добавление новых элементов базы данных, редактирование накопленной информации, добавление новых характеристик и параметров техники, поиск и визуализацию полученных результатов в виде гипертекстовых документов.

Программа работает под управлением ОС Windows 8.1/10. Для функционирования модуля СУБД необходимо установленное программное обеспечение MS Access 2003 – 2016.

Объем базы данных не может превышать 2ГБ. Общее количество объектов базы данных не может превышать 32768. Количество одновременно работающих пользователей с базой данных не может превышать 255. Данные ограничения накладываются используемым ядром базы данных Access Database Engine.

Для запуска программы ИСНСБД «Посевная техника для пропашных и овощных культур» необходимо выбрать соответствующий пункт из меню «Пуск» ОС Windows или ярлык, расположенный на рабочем столе. После этого откроется окно (рис. 4.):



Рисунок 4. Стартовое окно программы

В данном окне отображается прогресс загрузки различных модулей системы.

После окончания загрузки откроется главное окно программы (рис. 5.):

Нормативно-справочная база данных "Посевная техника для пропашных и овощных культур"

Файл Правка Фильтр Настройка Справка

Таблица результатов отбора

Изображение	Наименование модели	Тип	Аннотация	Предприятие производитель	Страна производителя
	Сеялка для овощных культур универсальная пневматическая (Olimpia)	Сеялки пропашные пневматические	Предназначена для высева овощных культур. Пневматические сеялки для овощных культур – это результат опыта, который компания GASPARDO накопила в высокоточном посеве. Рациональность конструкции и модульность конструкции позволяют адаптировать эти сеялки в различные культуры, для	Gaspardo - торговая марка Maschio Gaspardo S.p.A	Италия
	Сеялка для пропашных культур (SPP)	Сеялки пропашные пневматические	Предназначена для точного посева семян пропашных культур пунктирным способом по одному зерну в гнездо при заданном расстоянии между гнездами. Сеялки могут осуществлять высев семян кукурузы, подсолнечника, гороха и др. семян, подобно по форме и размерам с помощью механизмов АБТ/П/С. Сеялки	Молдагротехника, АО	Молдавия
	Сеялка зерноточковая (Pion)	Сеялки пропашные пневматические	Предназначена для высевания многих видов семян: кукурузы, подсолнечника, бобика, сои, свеклы, капусты, фасоли, гороха, бобов, других зерновых культур. Пневматическая сеялка высевает зерно в зерно, сохраняя постоянное расстояние между рядами в ряду, а также глубину. Преимущества:	Sigma S.A.	Польша
	Сеялка кукурузная (СКПП-12)	Сеялки пропашные пневматические	Предназначена для пунктирного посева семян кукурузы, подсолнечника, клецелины, сорго и сои с одновременным, раздельным от семян, внесением гранулированных минеральных удобрений. Сеялка кукурузная пневматическая предназначена для посева семян СКПП-12. Преимущества: высокая точность посева.	Днепропетровский тракторный завод, ГП - ГП "ПО Южмаш"	Украина
	Сеялка многоосевая пневматическая точного высева для пропашных культур (То-М 4150(A))	Сеялки пропашные пневматические	Предназначена для посева всех основных культур: кукурузы, сахарной и кормовой свеклы, подсолнечника, сорго, сои, бамбучевых и т.д. На сеялку устанавливается высевающий аппарат производства фирмы "Mater Macc".	Техника-Сервис, ЗАО	Россия
	Сеялка многоосевая пневматическая точного высева для пропашных культур (То-М 8000)	Сеялки пропашные пневматические	Предназначена для посева всех основных культур - кукурузы, сахарной и кормовой свеклы, подсолнечника, сорго, сои, бамбучевых и т.д. На сеялку устанавливается высевающий аппарат производства фирмы "Mater Macc".	Техника-Сервис, ЗАО	Россия
	Сеялка навесная пропашная пневматическая (СНПП)	Сеялки пропашные пневматические	Предназначена для посева семян кукурузы, подсолнечника, сорго и сои с одновременным внесением удобрений. Преимущества: высокая точность дозирования и равномерность посева; малый расход семян; возможность посева в рядовой способ	Радиозавод, АО	Россия
	Сеялка овощная (Клэн)	Сеялки пропашные пневматические	Предназначена для высева овощных, травяных культур и лекарственных растений. Комплектуется с фрезями и культиваторами. Агрегируется микропроцессорным управлением и контролем высева, что обеспечивает: прижимательный способ посева; возможность индивидуальной дозирования; возможность высева семян. Преимущества: возможность посева в рядовой способ	ВЕКТОР-Р, ООО (МСНПП "Клэн")	Россия
	Сеялка овощная вакуумная (Calbra)	Сеялки пропашные пневматические	Предназначена для высева семян цикория, салата, моркови, сельдерея, томатов, перца, баклажанов, репы, петрушки, фенхеля, лука-порея, лука, капусты, шпината, свеклы и др. типов аналогичных семян. Сеялка обладает различными типами высева семян. Преимущества: возможность посева в рядовой способ	Sfoggia Agriculture Division s.r.l.	Италия
	Агрегат грядопосевной (ГПА)	Сеялки пропашные механические	Предназначен для пунктирного посева мелкосемянных овощных культур, таких как томаты, свекла, лук, редис, морковь и др. Грядопосевной агрегат ГПА состоит из: грядобразователя ГП-1.4 и сеялки СОМ-4. Комбинированный грядопосевной агрегат ГПА имеет возможность, за счет дозированной подачи семян	Роста, ЧП НПК	Украина
	Агрегат посевной (Берегиня АПП)	Сеялки пропашные механические	Предназначен для прямого посева пропашных культур (кукурузы, подсолнечника, сои) с одновременным внесением удобрений. Применяется для сева как по стерневому фону, так и после поверхностной и глубокой обработки почвы. Перед	Усть-Лабинский машиностроительный завод, ООО	Россия

Рисунок 5. Главное окно программы

В данном окне на основании настроек по умолчанию осуществляется вывод документов интерактивной специализированной нормативно-справочной базы данных в форме таблицы со следующими столбцами:



- изображение для предварительного просмотра объекта ИСНСБД «Посевная техника для пропашных и овощных культур»;
- наименование модели объекта;
- тип объекта;

- краткое описание объекта;
- наименование предприятия изготовителя;
- наименование страны предприятия изготовителя.

В верхней части окна расположено меню команд и панель инструментов, которая дублирует основные команды меню.

Кнопки панели инструментов имеют следующие функции:

1.		- обеспечивает заполнение таблицы объектами с критерием отбора «по умолчанию»;
2.		- обеспечивает сохранения информации с активной вкладки главного окна;
3.		- выводит на печать информацию с активной вкладки главного окна;
4.		- закрывает все вкладки главного окна, кроме вкладки с результатами отбора;
5.		- выводит выбранные документы в отдельных вкладках;
6.		- производит сортировку объектов таблицы по возрастанию;
7.		- производит сортировку объектов таблицы по убыванию;
8.		- открывает окно, в котором можно задать критерии фильтрации объектов в списке;
9.		- при нажатии на данную кнопку справа от нее появляется текстовое поле для ввода критерия поиска, при повторном нажатии по данной кнопке поле скрывается;

10.		- обеспечивает переход в режим настройки программы и заполнения БД;
11.		- выводит информацию о программе.

Для просмотра развернутой информации о любом объекте в таблице результатов отбора необходимо произвести двойной щелчок левой кнопкой мыши (ЛКМ) в первой ячейке соответствующей строки. Альтернативный вариант

выбора – выделить любую ячейку нужной строки клавишами управления курсором и нажать клавишу Enter [8]. После выполнения данных операций в отдельной вкладке откроется соответствующий документ (рис. 6.):

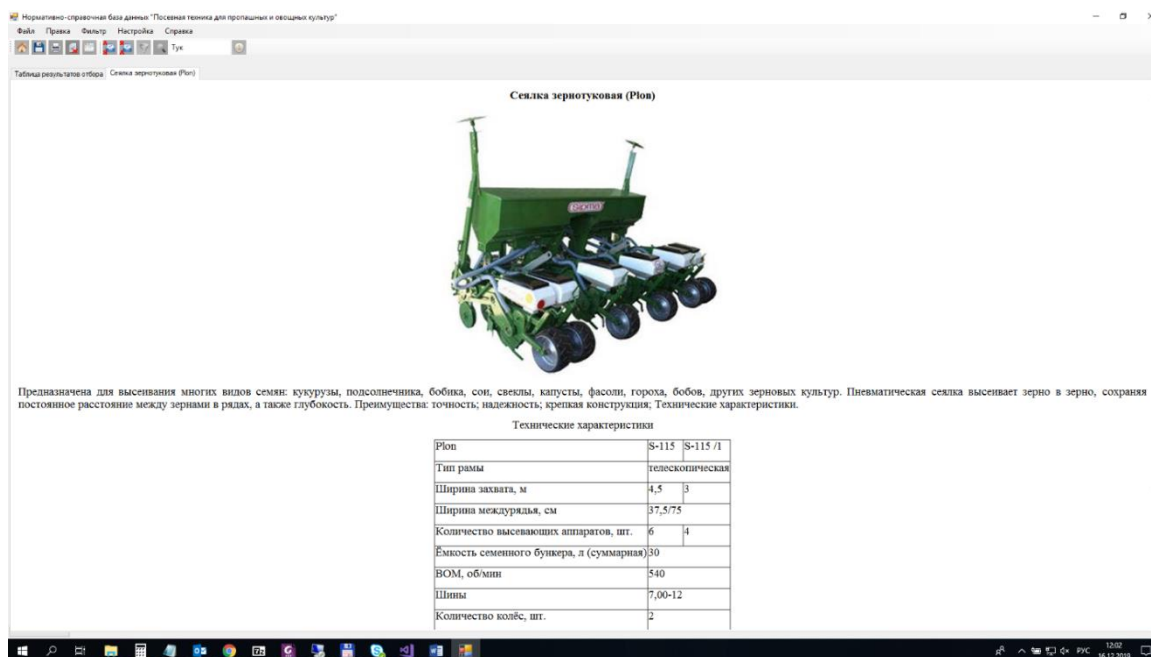


Рисунок 6. Окно с детальной информацией об объекте базы данных

Перейдя на вкладку документа можно сохранить документ на жесткий диск или иной носитель информации, а также вывести его на печать.

Можно выделить несколько строк таблицы и нажав кнопку 5 открыть соответствующие документы в отдельных вкладках (рис. 7.):

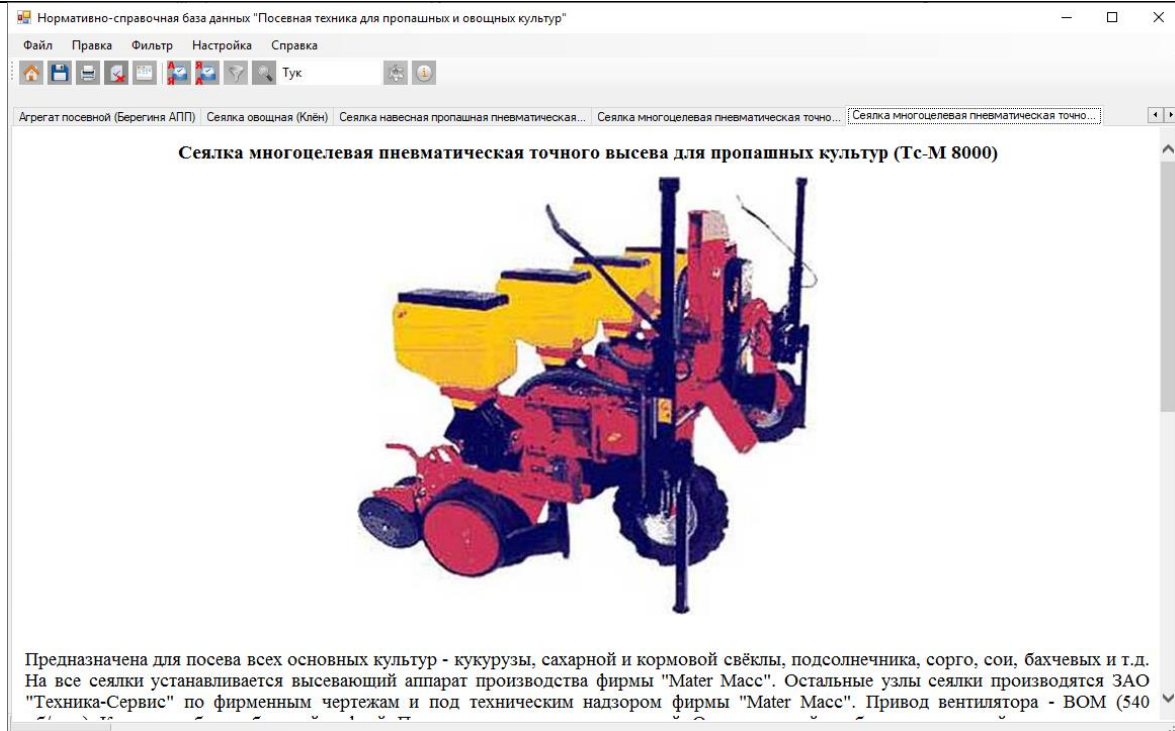


Рисунок 7. Окно детального просмотра информации о нескольких объектах

Вкладку с документом можно закрыть двойным щелчком ЛКМ на названии вкладки. Для закрытия всех вкладок с документами необходимо нажать кнопку 4.

Для отображения в таблице объектов, удовлетворяющих определенным критериям, можно воспользоваться функцией поиска, которая активируется нажатием на кнопку 9. После нажатия

на данную кнопку справа от нее появляется текстовое поле ввода поискового запроса. Запрос применяется к активному столбцу и может содержать фрагмент текста. После ввода поискового запроса необходимо нажать на кнопку Enter [8]. Результаты отбора отобразятся на вкладке результатов отбора (рис. 8.):

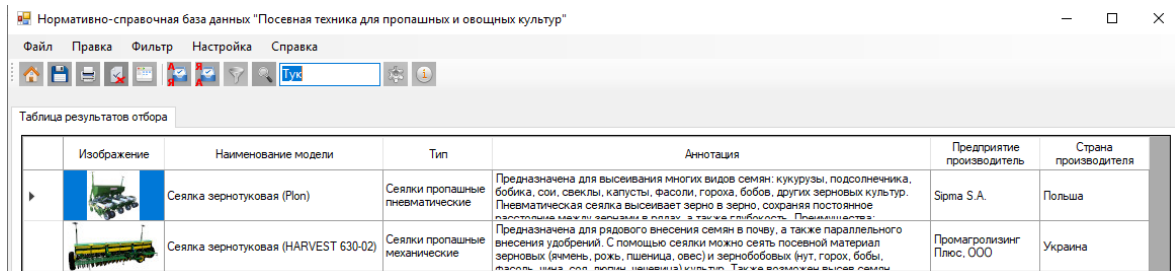


Рисунок 8. Окно с результатами отбора объектов БД

Для отображения всех строк таблицы необходимо нажать на кнопку 1.

Для фильтрации содержимого таблицы по нескольким критериям необходимо нажать кнопку 8, в результате откроется окно (рис. 9.):

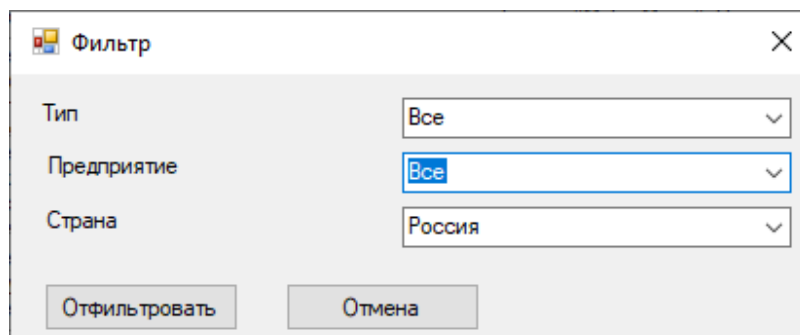


Рисунок 9. Окно выбора критериев фильтрации

В данном окне необходимо из выпадающих списков для каждого параметра отбора установить значение и нажать кнопку Отфильтровать.

В программе реализованы возможности сортировки по выбранным параметрам по возрастанию или по убыванию значений. Для этого

необходимо выделить нужный столбец таблицы и нажать на кнопку 6 или 7.

Для перехода к настройкам программы необходимо нажать кнопку 10, в результате отобразится окно авторизации (рис. 10.):

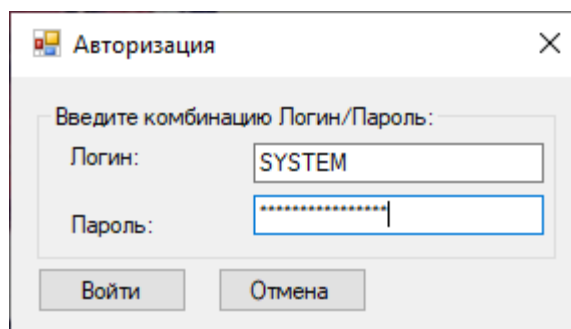


Рисунок 10. Окно авторизации

В случае успешной авторизации откроется окно настроек (рис. 11.):

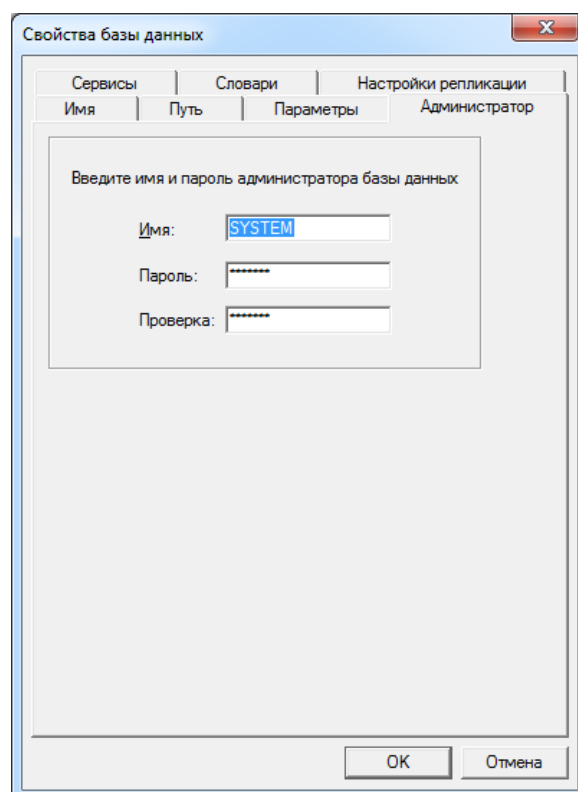


Рисунок 11. Окно задания настроек базы данных

В данном окне можно: сменить пароль для доступа к настройкам, задать параметры начального отображения списка и цветовой профиль, указать путь к файлам хранилища,

выбрать базу данных, редактировать справочники, установить настройки обновления программы.

При нажатии на кнопку 11 выводится информация о программе (рис. 12):

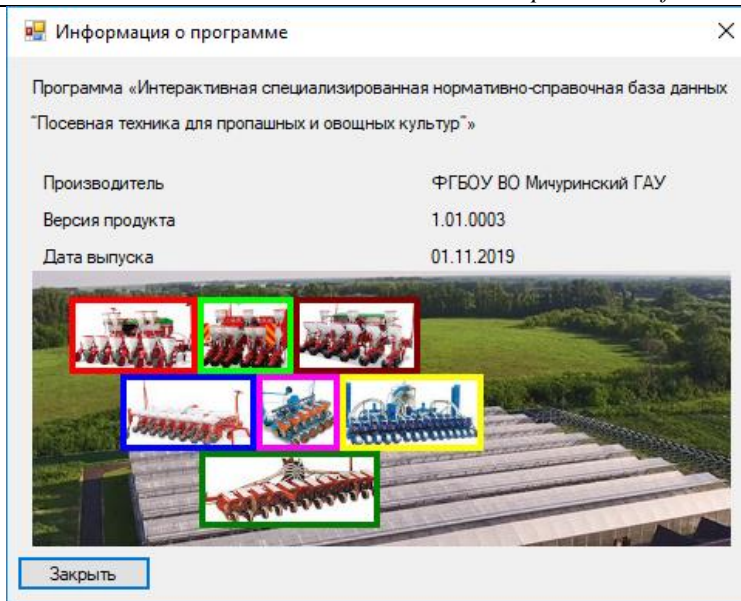


Рисунок 12. Окно с информацией о программе

В данном окне отображается информация о названии программного продукта, его версии, дате релиза, а также информация о разработчике.

Для завершения работы с программой необходимо выбрать из меню Файл команду Выход или использовать стандартные средства рабочего окна операционной системы, расположенные в правой части заголовка программы.

Таким образом, разработанное программное обеспечение решает следующие задачи:

- осуществляет поиск по основным характеристикам о посевной технике для пропашных и овощных культур в базе данных с отображением результатов в виде таблицы-списка;
- формирует исходный набор характеристик и их предельных значений, по которым осуществляется поиск, сортировка и фильтрация информации, содержащейся в базе данных;
- реализует сортировку и фильтрацию результатов поиска с отображением выходных данных в виде таблицы-списка;
- предоставляет возможность выбора из таблицы-списка конкретного экземпляра техники с выводом детальной информации о нем в виде гипертекстового документа;
- обеспечивает возможность отбора из таблицы-списка нескольких экземпляров техники для их детального сравнения с отображением результатов в виде гипертекстового документа;
- предоставляет персонализированный доступ к внесению и модификации информации в базе данных на основании авторизации и аутентификации.

Разработанная БД постоянно наполняется и на текущий момент информационный объем (наполнение) составляет:

- для механических сеялок – 23 поз.;
- для пневматических сеялок – 78 поз.;
- для сеялок «прямого посева» («нулевого» земледелия) – 10 поз.

Список литературы

1. Абалуев Р.Н. Методика оценки производительности систем управления базами данных автотранспортных предприятий // Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте ИТТ'2018: материалы I междунар. науч.-практ. конф., 12-13 декабря 2018 г. – Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2018. –стр. 171
2. Коголовский М.Р. Перспективные технологии информационных систем / М.Р. Коголовский. – М.: ДМК Пресс; Компания АйТи, 2003. – 288с.
3. Рыбальченко, М. В. Архитектура информационных систем : учебное пособие для вузов / М. В. Рыбальченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 91 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01159-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452886> (дата обращения: 12.09.2021).
4. Архитектура информационных систем : учебник / Б. Я. Советов, А. И. Водяхо, В. А. Дубенецкий, В. В. Цехановский. — М.: Академия, 2012. — 288 с.
5. Нетёсова, О.Ю. Информационные системы и технологии в экономике: учебное пособие для вузов/ О.Ю.Нетёсова. — 3-е изд., испр. и доп.— Москва: Издательство Юрайт, 2020.— 178с.— (Высшее образование).— ISBN 978-5-534-08223-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452595> (дата обращения: 12.09.2021).
6. Картечина Н.В., Бутенко А.И., Брижанский Л.В., Пчелинцева Н.В, Бобрович Л.В. Статистическая оценка динамики роста и плодородия яблони // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018. №2. С. 310-36.
7. Крумкаченко А.А., Косенков Д.В., Гавриков В.В., Абалуев Р.Н. Использование

возможностей языка R для реализации алгоритмов машинного обучения в среде MS SQL Server 2019. // Научный рецензируемый электронный журнал «Наука и Образование». №2. – 2020.

8. GUI definition. // Linux Information Project. October 1, 2004. [Электронный ресурс] URL: <http://www.linfo.org/gui.html> (дата обращения: 12.04.2020).

9. Советов, Б.Я. Базы данных: учебник для вузов/ Б.Я.Советов, В.В. Цехановский, В.Д.Чертовской. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 420с.— (Высшее образование). — ISBN978-5-534-07217-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449940> (дата обращения: 12.04.2020).

Bayramova Aytan Ramiz

*Azerbaijan State Oil and Industry University,
20 Azadlig ave., Baku, AZ-1010
Phone: +994555074234*

IMPACT OF OIL POLLUTION ON SOIL FERTILITY

Байрамова Айтэн Рамиз

*Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия,
Баку, Азербайджан
Азадлыг 20, АЗ-1010
Phone: +994555074234*

ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

Abstract. The current pace of industrial development and the ever-increasing energy needs of mankind lead to an annual increase in oil production all over the world, therefore, in recent decades, issues related to the impact of oil and petrochemical industries on the environmental situation in various regions have become aggravated. More than 2.5 billion tons of crude oil are produced annually in the world; the existing demand for oil and oil products is increasing by an average of 8%, production - by 5% per year. Lack of maintenance personnel and their low qualifications are also the cause of accidents at oil and petrochemical industries. In addition, the technological processes of oil extraction and production of oil products, their transportation and storage are inevitably associated with losses, sometimes significant.

Современные темпы развития промышленности и всё возрастающие энергетические потребности человечества приводят к ежегодному росту нефтедобычи во всем мире, поэтому в последние десятилетия обострились вопросы, связанные с влиянием нефтяных и нефтехимических производств на экологическую ситуацию в различных регионах. В мире ежегодно добывается свыше 2,5 млрд. тонн сырой нефти; существующий спрос на нефть и нефтепродукты увеличивается в среднем на 8%, добыча - на 5% в год. Нехватка обслуживающего персонала и его низкая квалификация также является причиной аварий на нефтяных и нефтехимических производствах. Кроме того, технологические процессы добычи нефти и производства нефтепродуктов, их транспортировка и хранение неизбежно связаны с потерями, иногда значительными.

Keywords: oil, pollution, industry, oil production, soil, environment

Ключевые слова: нефть, загрязнение, промышленность, нефтедобыча, почва, окружающая среда.

Introduction

Spills of oil and oil products on the soil lead to significant changes in the soil cover, and its condition is decisive for the conservation of biodiversity. The study of the influence of oil pollution has shown that the degree of soil degradation ranges from the deterioration to one degree or another of its properties and the loss of its functions as an element of the ecosystem, to the complete destruction of the soil.

When oil gets on the soil, it seeps into the deep layers, down to the groundwater. In organogenic horizons, there is an accumulation of high molecular weight components of oil, which contain resinous-asphaltene substances and cyclic compounds. They decompose poorly and impair the water-physical properties of soils. The most mobile light fractions can penetrate to groundwater. Most of them decompose and evaporate during the year. Studies in natural conditions

and model experiments have established that light fractions of oil are included in the composition of humic acid molecules, increasing the absolute content of all groups of humic substances.

The entry of oil components into the soil primarily causes a change in the physical, chemical and biological properties and characteristics of the soil, and its morphological properties, such as color, composition and aggregation, also change. The erasure of the features of the natural profile is accompanied by the appearance of an intense dark (black) color, the formation of a bituminous crust on the surface and compaction of the build. Chemical analyzes have shown that acidity is neutralized in oil-contaminated soils, an increase in humus content and a sharp increase in the content of exchangeable bases. In addition, the entry into the soil of oilfield saline waters containing large amounts of calcium, sodium and other chlorides

leads to post-technogenic soil salinization. All this inevitably causes a decrease and even a complete loss of soil fertility, leads to a change in the ecological functions of soils, to the disappearance of the original plant and animal communities and the emergence of others that are adequate to the changed conditions.

For example, studies of soils contaminated with oil and oil products in the tundra of Alaska showed that oil does not penetrate deeply into water-saturated soil, but is absorbed by mosses. Peat mass at 20% moisture is capable of holding 650-670 l / m³ of oil. The study of the micromorphology of oil-contaminated soils in thin sections and their comparison with background soils showed that the upper part of the peat layer that absorbed oil (from 0 to 5 cm) is characterized by the displacement of the cellular content. In the lower part (from 10 to 15 cm), there is a concentration and staining of cell plasma, a black film enveloping coagulation aggregates, detritus fragments, pore walls, the formation of large dark 27-colored clots, filling of rounded pores with a dark, finely dispersed mass. Hydrophobic films are formed around the peat layer, blocking intra-aggregate and inter-aggregate soil pores by them, which leads to a decrease in soil aeration.

Consider how oil pollution affects soil fertility. One of the main indicators of soil fertility are cellulose-decomposing microorganisms (MC), which are responsible for the transformation of cellulose in the soil [42-44]. They are among the most sensitive to oil pollution of the MO groups. For them, both oil itself and its decay products are toxic.

The development of cellulose-destroying MO is greatly influenced by the conditions of aeration and nitrogen supply. The limiting factor for their development in the soil is nitrogen deficiency. The identification of the detected MOs showed that in the oil-contaminated soil aerobic cellulose-destroying microorganisms are represented mainly by micromycete fungi, while in the control soils the cellulose-destroying microflora is mainly represented by bacteria and actinomycete fungi. This is primarily due to a slight shift in soil pH to the acidic side and to the depletion of oil-contaminated soil with mobile nitrogen compounds, which are necessary for the development of cellulose-destroying fungi of actinomycetes and bacteria. It is known that fungi predominate in soils of low fertility in the complex of cellulose-destroying microorganisms and they can serve as indicators of soil pollution.

After soil contamination with oil, the number of cellulose-degrading MO decreases and does not recover to the initial level for many years; in addition, the balance between individual taxonomic groups of these MOs is disturbed. The inhibitory effect of individual hydrocarbons for cellulose-degrading MO increases in proportion to the increase in concentration. Thus, the soil degradation observed in areas contaminated with oil and oil products allows scientists to attribute them to areas of ecological disaster, and since the soil resources of the globe are limited, the problem of protecting soils from oil pollution is of particular relevance.

Criteria for assessing the degree of soil pollution by oil and oil products

Reliable criteria for assessing the degree of soil pollution by oil and oil products have not yet been developed. When studying oil-contaminated soils, the following criteria and indicators are currently being considered:

- 1) violation of ecological balance in the soil system;
- 2) changes in the morphological and physicochemical characteristics of soil horizons and the structure of the soil profile;
- 3) violation of the natural relationship between individual groups and fractions of soil organic matter;
- 4) the danger of penetration of oil and oil products into the soil up to soil and groundwater;
- 5) a decrease in soil fertility and the occurrence of dangerous toxicological situations.

The development of uniform criteria and indicators of the degree of pollution is extremely difficult, since the response of the soil to oil pollution is not the same in different soil-geographic zones. The manifestation of the response of the soil to oil depends on climatic characteristics (precipitation, temperature regime, etc.), on the humus content, on its physicochemical properties and morphology.

Control over soils contaminated with oil should be carried out near the most likely places of contamination. The main control tasks are as follows:

- 1) identification of the source of the oil and oil products spill;
- 2) determination of oil flow over the area and depth of the soil profile;
- 3) determination of the direction of the flow and the possible area of further pollution;
- 4) identification of pollution products;
- 5) determination of the nature of concomitant soil pollution (mineral salts, toxic heavy metals, carcinogenic substances);
- 6) establishing the degree and nature of soil transformation;
- 7) determination of the probability of soil self-cleaning and the effectiveness of measures to eliminate the consequences of pollution;
- 8) assessment of damage to nature and agriculture.

In order to determine the level of soil pollution with oil and oil products, it is advisable to start with studying the morphology of the soil profile and determining the quantitative content of oil and oil products in soil and groundwater samples.

Conclusion

According to official data, currently 1.2 million hectares of land in Russia need to be reclaimed, which have suffered from various types of pollution, including oil and oil products.

The real consequences for soils with the accumulation of various components of oil and oil products in them have not been fully studied, however, it is known that the entry of oil components into the soil causes a change in the physical, chemical, biological properties and characteristics of the soil. All this inevitably causes a decrease and even a complete loss

of soil fertility. As a result of disturbance of the soil cover and vegetation, undesirable processes intensify - soil erosion and degradation.

In addition, petroleum hydrocarbons are capable of forming toxic compounds in the process of transformation that have carcinogenic, teratogenic, and mutagenic activity. These compounds are characterized by resistance to microbiological degradation and the ability to pass into plants, which significantly reduces the quality of cultivated crops, and also poses a serious threat to human and animal health.

References

1. Burge H. (1990) Bioaerosols: prevalence and health effects in the indoor environment. // *Journ. of Allergy and Clinical Immunol.*, v. 86, p. 687-701.
2. De Hoog G.S., Guarro J., Gene J., Figueras M.J. (2000) *Atlas of clinical fungi*. Utrecht: CBS; Spain: Reus, 1126 p.
3. Faqan Aliyev, Akim Badalov, Eldar Huseynov, Farhad Aliyev - *Ekology. BAKU-“Science”* – 2012 pg. 828

УДК 620.173.151
ГРНТИ 55.09.43

4. Fung F., Hughson W.B. (2003) Health Beffects of indoor fungal bioaerosol exposure. // *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, v. 18, № 7, p. 535-544

5. Compton O.C Plant tissue monitoring for fluorides. *Hortseince.1970 V45.N4*, p 244-246

6. F.Collas, “Production of isopropanol, butanol and ethanol by metabolic engineered Clostridia” *Agro Paris Tech*, Paris, 2012.

7. Haich, Pigford, *Ind. Eng. Chem, FundQuart.*, 1, 209, 1962

8. Altunbas A., Ktlbaliyev G., Ceylan K. Eddy diffusivity of particles in turbulent flow in rough cannels. // *J. Aerosol Sci.*, 2002, v. 33, № 7, p. 1075-1086.

9. Vannova N., Tcholakova S., Denkov D., Danner T. Emulsification in turbulent flow // *Journal of Colloid and Interface Science*, 2007, v. 312, № 2, p. 363 – 374.

10. Prince M., Blanch H., Bubble coalescence and break-up in air-spaced columns // *AICHL J.* 1990, v. 36, p. 1485-1492.

Voronin N.A.

*Doctor of technics science, chief research of the department of tribology,
Mechanical Engineering Research Institute of the RAS ,*

ANALYSIS OF THE REASONS FOR SPECIFIC DEFORMATION BEHAVIOR OF TOPOCOMPOSITE OF THE ALN-D16T SYSTEM DURING INSTRUMENTAL INDENTATION

Воронин Николай Алексеевич

*доктор технических наук,
главный научный сотрудник отдела трибологии
Институт машиноведения РАН*

АНАЛИЗ ПРИЧИН СПЕЦИФИЧЕСКОГО ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ ТОПОКОМПОЗИТА СИСТЕМЫ ALN-D16T ПРИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ИНДЕНТИРОВАНИИ

[DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.74.133](https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.74.133)

Summary. The reasons for obtaining the unloading curves of the indentation diagrams of topocomposites coated with aluminum nitride with a nonlinear section of the end of the unloading curve are investigated. The influence of the plasticity of the base and the structure of the coating of aluminum nitride of coatings deposited by the magnetron method on the base made of aluminum alloy D16T on the mechanism of deformation and destruction of the topocomposite was evaluated. The assessment of these characteristics was carried out based on the results of the analysis of model and experimental indentation diagrams of topocomposites with coatings of aluminum nitride and titanium nitride, as well as using the results of materials science studies of the behavior of materials of topocomposite components at high specific loads known in the literature.

It was found that the nonlinear shape of the end of the unloading curves is associated with solid-phase structural changes in the coating material. The level of solid-phase structural changes in the coating can be estimated from the width of the hysteresis loops during repeated indentation cycles.

Аннотация. Исследованы причины получения кривых разгрузки диаграмм внедрения топокомполитов с покрытием из нитрида алюминия с нелинейным участком конца кривой разгрузки. Оценивалось влияние пластичности основы и строения покрытия нитрида алюминия покрытий, нанесенного магнетронным способом на основу из алюминиевого сплав Д16Т на механизм деформирования и разрушения топокомполита . Оценку указанных характеристик проводилось по результатам анализа модельных и экспериментальных диаграмм внедрения топокомполитов с покрытиями из нитрида алюминия и нитрида титана, а также с использованием известных в литературе результатов материаловедческих исследований поведения материалов элементов топокомполитов при высоких удельных нагрузках.

Установлено, что нелинейный вид конца кривых разгрузки связан с твердофазными структурными изменениями в материале покрытия. Уровень твердофазных структурных изменений в покрытии может быть оценен по ширине гистерезисных петель при повторных циклах индентирования.

Key words: instrumental indentation, indentation diagram, topocomposites, ductility, deformation, interfacial fracture; hysteresis, solid-phase structural changes.

Ключевые слова: инструментальное индентирование, диаграмм внедрения, топокомпозиаты, податливость, деформация, межфазное разрушение, гистерезис, твердофазные структурные изменения.

Постановка проблемы

Широкое применение получили вакуумные ионно-плазменные покрытия на основе тугоплавких химических соединений в машиностроении и других отраслях промышленности для решения задач трибологии в виде поверхностно-слоистых материалов (топокомпозиатов). Качество покрытий и воспроизводимость технологических процессов получения топокомпозиатов принято оценивать инструментальным индентированием [1, 2]. Традиционными контролируемыми параметрами являются твердость, модуль упругости и сцепление покрытий с подложкой. Толщина покрытий топокомпозиатов варьируется в широких пределах в зависимости от назначения и составляет от десятых долей микрометров до нескольких десятков. На измеряемые параметры качества при таких толщинах существенное влияние оказывает материал основы слоистой системы. Актуально уметь грамотно расшифровывать получаемые при индентировании диаграммы внедрения, состоящие из кривой нагружения и кривой разгрузки. Знание и понимание механизмов деформирования и повреждаемости слоистых тел (топокомпозиатов) триботехнического назначения при индентировании позволяют более точно прогнозировать работоспособность поверхности с топокомпозиатной структурой в процессе трения. Так как часто условия эксплуатации поверхностей трения предполагают возникновение значительных удельных нагрузок в пятнах контакта.

Целью работы является оценка влияния пластичности основы и структуры покрытия на механизм деформирования и разрушения покрытий на основе нитрида алюминия, нанесенного на основу из алюминиевого сплав Д16Т. Оценка указанных характеристик исследуемого топокомпозиата предполагается проводить по результатам анализа модельных и экспериментальных диаграмм внедрения с использованием известных в литературе результатов материаловедческих исследований

Результаты исследования и обсуждение

поведения материалов элементов топокомпозиата при высоких удельных нагрузках, в том числе и при индентировании.

Материалы и методики исследований. В работе проведены экспериментальные исследования на модельном образце топокомпозиата с покрытием из нитрида алюминия, для которого были получены диаграммы внедрения при единичном и повторных циклах индентирования. Экспериментальный образец топокомпозиата был изготовлен в виде параллелепипеда из алюминиевого сплава марки Д16Т, на плоскую исследуемую поверхность которого было нанесено покрытие нитрида алюминия (AlN) толщиной ~5 мкм. Технология получения покрытий – магнетронное напыление на установке МИР-2 путем распыления чистого алюминия (99,999%) в среде смеси газов – аргона и азота. Покрытие из нитрида алюминия имело кристаллическую решетку типа вюрцита гексагональной сингонии и соответствовала стехиометрическому составу. Покрытие имело мелкодисперсную структуру столбчатого вида и состояло из кристаллитов размером 100-150 нм. Электронографические исследования показали наличие текстуры в покрытии с ориентацией кристаллитов плоскостью (0001) параллельно поверхности подложки.

Измерение нанотвердости и модуля упругости компонентов топокомпозиата проводилась по результатам анализа диаграмм внедрения, полученных на нанотвердомере НаноСкан4Д. Индентором служила трехгранная алмазная пирамида Берковича. Для анализа диаграмм внедрения использовалось до 10 диаграмм внедрения. Вид индентов изучался с помощью 3D оптического микроскопа Sneox (SENSOFAR). Нанотвердость покрытия составляла 36 ГПа, модуль упругости 320 ГПа. Нанотвердость материала подложки 0,98 ГПа, модуль упругости 93 ГПа. Твердость и модуль упругости по методике Оливера и Фара [3].

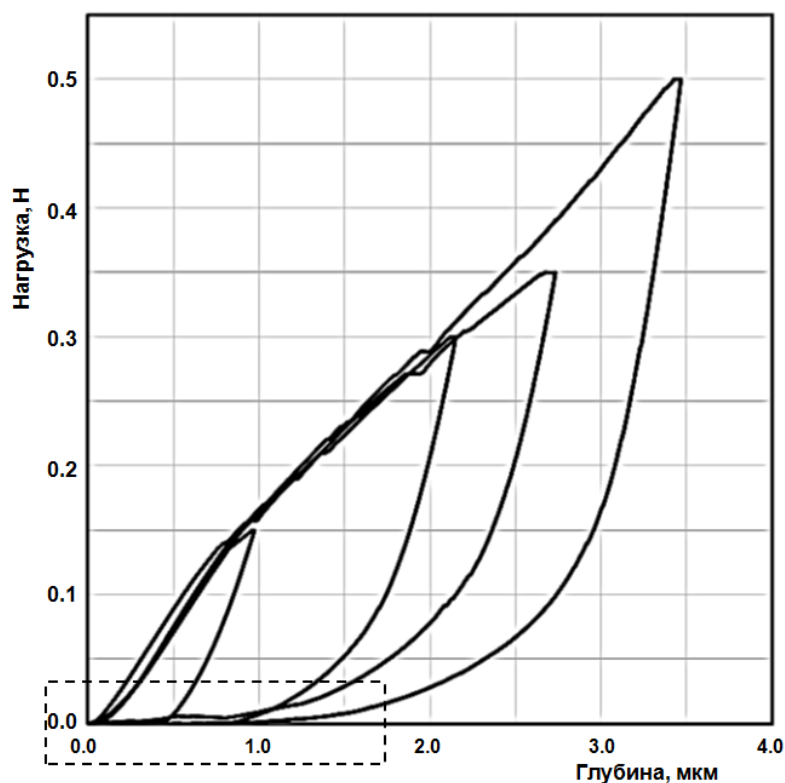


Рис. 1. Диаграммы внедрения для топокомпозита с нитрида алюминия при различных значениях конечной нагрузки на индентор

Экспериментальные диаграммы внедрения для топокомпозита системы AlN-Д16Т для ряда конечных нагрузок внедрения представлены на рис. 1. Кривая разгрузки проявляет сильную нелинейность конца кривой разгрузки с ростом величины конечной нагрузки внедрения. Отмечаемая нелинейность начинается с нагрузок в районе 0,15 Н и возрастает с ростом величины конечной нагрузки внедрения. Визуальный осмотр индентов не обнаружил следов повреждений на поверхности покрытия для первых трех диаграмм внедрения. При предельных нагрузках 0,5 Н установлено возникновение на поверхности покрытия круговых поперечных трещин на расстоянии примерно в 1,5 раза большем, чем диаметр отпечатка.

Сильная кривизна кривой разгрузки в нижней части кривой разгрузки для топокомпозита с покрытием из нитрида алюминия объясняется присутствием поврежденности покрытия в виде отслаивания без разрушения покрытия [4].

В научной литературе достаточно широко описаны случаи повреждаемости покрытий при индентировании в виде отслаивания при отсутствии нарушения сплошности покрытия [1,2,5]. Однако при этом отслаивание проявляется на кривой разгрузки диаграммы внедрения в виде участка с линейной зависимостью. При этом радиус отслаивания ограничен областью контактной областью индентора.

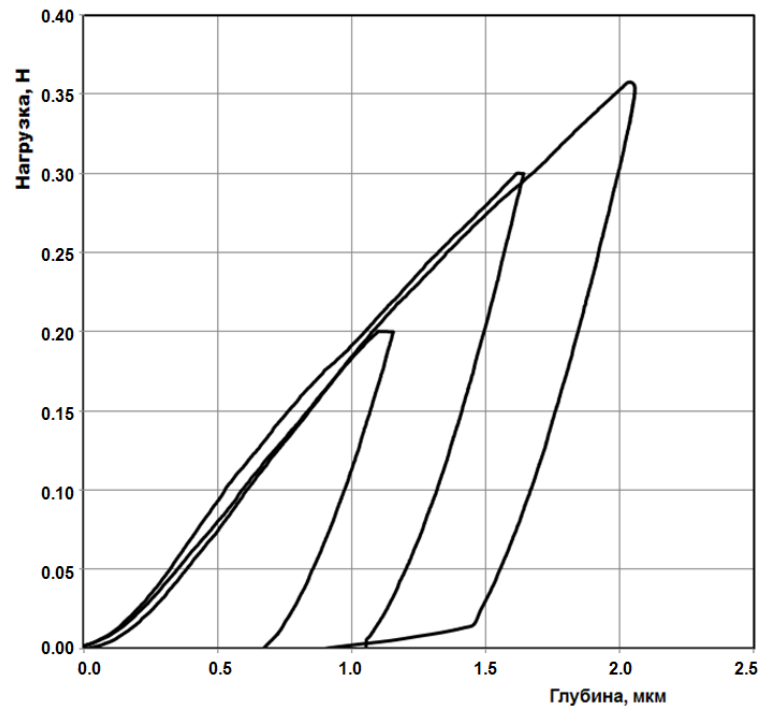


Рис. 2. Диаграммы внедрения для топокомпозита с нитрида титана при различных значениях конечной нагрузки на индентор

Отсутствие в литературе исследований твердых тонких покрытий различного состава на подложке из алюминиевого сплава подвигнуло автора провести исследования топокомпозита системы TiN-Д16Т. Покрытие нитрида титана (TiN) было нанесено на аналогичный экспериментальный образец из сплава Д16Т также методом магнетронного напыления. Толщина покрытия составляла ~5 мкм. Покрытие из нитрида титана имело плотную мелкодисперсную структуру столбчатого вида с кристаллитами размером 80-200 нм. Электронографическим анализом установлено,

что покрытие состоит из нитрида титана с ГЦК-решеткой и соответствует стехиометрическому составу. На рис. 2 приведены экспериментальные диаграммы внедрения топокомпозита системы TiN-Д16Т при разных конечных нагрузках. При нагрузке ~ 350 мН была получена диаграмма с характерным линейным участком конца привой разгрузки, указывающая на отслаивание покрытия. Визуальный осмотр покрытия в области индента показал отсутствие поверхностных трещин и разрушений. Нанотвердость покрытия составляла 18 ГПа, модуль упругости 210 ГПа.

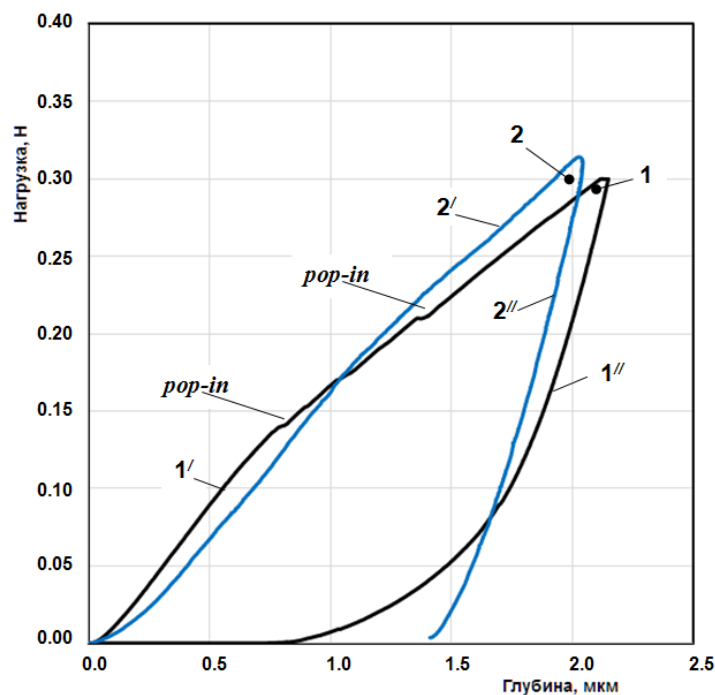


Рис. 3. Диаграммы внедрения для топокомпозитов: 1 – с покрытием нитрида алюминия, 2 – с покрытием нитрида титана. Кривые нагружения - 1' и 2'; кривые разгрузки 1'' и 2''

Совмещенные на одном графике экспериментальные диаграммы внедрения для двух исследуемых топокомпозитов приведены на рис. 3. Для удобства дальнейшего сопоставления полученных диаграмм глубины внедрения индентора выбирались близкими по величине.

Сравнивая площади диаграмм внедрения (1 и 2, рис. 3) можно считать, что работы, затраченные на упругопластическое деформирование исследуемых топокомпозитов, примерно одинаковы. Наблюдается незначительное отличие в кривых нагружения, хотя различие в значениях твердости и модуля упругости материалов покрытий существенно отличается. Материал покрытия из нитрида алюминия больше по модулю упругости в 1,5 раза, а по твердости 2,0 раза, чем покрытие из нитрида титана. Однако по параметрам покрытий, сопоставляемых с параметром E/H материала основы и характеризующим величину пластической зоны в подложке, материалы покрытия имеют достаточно близкие значения (для нитрида алюминия $E/H = 8,9$ для нитрида титана $E/H = 11,7$ для алюминиевого сплава $E/H = 95$). Можно ожидать, что и упругопластическое деформирование выбранных слоистых систем будет близким и особенно в материале подложки.

Анализируя результаты индентирования в исследуемые топокомпозиты при примерно одинаковых глубинах внедрения с одинаковыми материалами основы можно полагать, что различие в виде кривых разгрузок объясняется структурными или фазовыми изменениями в материале покрытия из нитрида алюминия, а не пластическими свойствами материала основы.

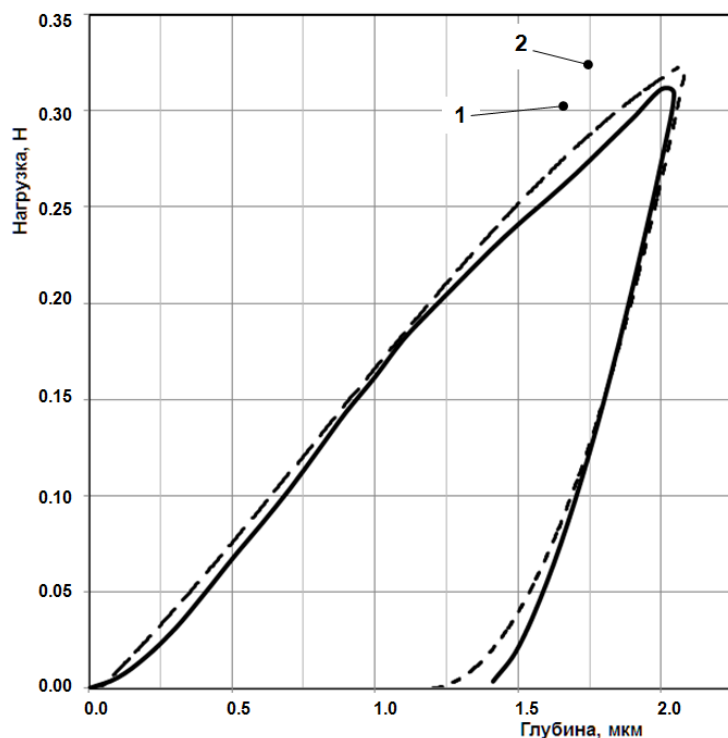
Более внимательный анализ кривых нагружения исследуемых топокомпозитов показывает наличие следующих характерных особенностей кривых диаграмм внедрения. Первой особенностью является наличие «неровностей» отдельных участков кривой нагружения топокомпозита с покрытием из нитрида алюминия. Кратковременные периодические резкие изменения глубины внедрения при постоянной нагрузке, в литературе получившие название «pop-ins», отвечают различным механизмам – образованию трещин на поверхности, дислокационному перемещению, проскальзыванию по границе зерен. Именно такие «скачки» мы наблюдаем на диаграммах внедрения топокомпозитов с покрытием из нитрида алюминия (см. рис. 3). Для топокомпозита системы TiN-D16T «pop-ins» не наблюдаются.

Второй особенностью рассматриваемых диаграмм внедрения топокомпозита с покрытием из нитрида алюминия является малая величина регистрируемой на диаграмме внедрения остаточной глубины внедрения (см. рис. 1, а вставка). Такие величины регистрируемых остаточных глубин внедрения говорят о «вспученности» покрытий над номинальной поверхностью после разгрузки. О таких вариантах поведения покрытий, в основном очень тонких по толщине, указывается в работах [1,2, 5].

Учитывая, что в исследуемых топокомпозитах материал основы один и тот же, толщина покрытия и диаграммы внедрения по площадям под кривыми нагружения примерно одинаковые и отличия по диаграммам индентирования проявляются в наличие «pop-ins» и уменьшении остаточных глубин внедрения с увеличением величин

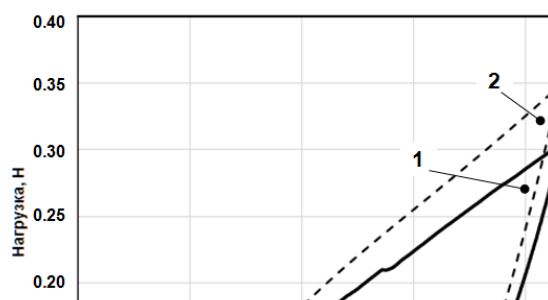
конечных нагрузок у топокомполитов с покрытием из нитрида алюминия, попытаемся выяснить причину различия в результатах деформирования

материала покрытий этих слоистых систем, а также разницу в виде кривых разгрузок диаграмм внедрения.



Известно, что появление скачков на кривой нагружения диаграмм внедрения характеризует затраты энергии, которые не связаны с фиксируемой в процессе индентирования площадью диаграммы и вычисляется с помощью энергетических методов по различным методика [1,2, 8]. В данной работе автор использовал собственную методику, изложенной в работе [9]. Данная методика основана на использовании теоретической (модельной) диаграммы внедрения

для слоистых тел при отсутствии всех видов поврежденности покрытия и наличии когерентной связи покрытия к основе на протяжении всего цикла нагружения-разгрузки. Применим ее к исследуемым в работе топокомполитам и оценим их соответствие экспериментальным диаграммам. Модельные и экспериментальные диаграммы внедрения для исследуемых топокомполитов представлены на рис. 4 .



Из сравнения модельной и экспериментальной диаграмм внедрения для топокомполита с покрытием из нитрида алюминия (см. рис. 4,а) наглядно видно, что для модельного топокомполита для достижения глубины внедрения, равной максимальному значению глубины внедрения при экспериментальном исследовании требуется большая нагрузка и, следовательно, необходима большая работа на упругопластическое деформирование. Снижение затрат энергии на

деформирование слоистой системы в экспериментальном топокомполите можно объяснить ослаблением адгезии покрытие – подложка. Известно, что снижение величины адгезионной связи на границе раздела слоистых материалов ведет к снижению значения конечной нагрузки, при которой происходит отслаивание. [4, 9]. Однако не ясно, какой компонент топокомполита ответственен за снижение адгезии на границе раздела – материал основы или

материал покрытия и какой механизм деформирования отвечает за а сильную нелинейность кривой разгрузки. В работе [4] снижение адгезии связывают с пластическим сдвигом материала подложки на границы раздела , а кривизну кривой разгрузки объясняют результатом освобождения запасенной упругой энергии в покрытии при пластическом деформировании материала покрытия.

Из сравнения модельной и экспериментальной диаграмм внедрения для топокомпозита с покрытием из нитрида титана (см. рис. 4,б) видно, что имеет место практически полное совпадение площадей под модельной и экспериментальной кривых нагружения. Это говорит об одинаковых затратах энергии на упругопластическое деформирование слоистой системы при нагружении и как следствие о высокой стабильности структуры материала покрытия в условиях высоких деформации. То же самое можно сказать и по затратам энергии на упругое деформирование слоистых систем при разгрузке: модельной и экспериментальной, а также на отсутствие отслоения в эксперименте с топокомпозитом с покрытием из нитрида титана.

Из сопоставления результатов анализа двух диаграмм внедрения для исследуемых топокомпозитов можно полагать, что в случае использования нитрида титана в качестве покрытия при одинаковых практически глубинах внедрения, наличия одинакового материала подложки и практически одинаковых затратах энергии на упругопластическое деформирование единственной причиной отличия видов кривых разгрузки является более значительный по величине уровень когезионной прочности материала покрытия.

Доведем топокомпозит с покрытием из нитрида титана до состояния, при котором возникнет ситуация с нарушением межфазной связи на границе раздела и оценим структурную прочность материала покрытия при повторных циклах деформирования. Для этого в первом цикле нагружения с разгрузкой проведем неполное разгрузку (до значения нагрузки примерно 3% от значения максимального нагружения) и вновь произведем два повторных цикла деформирования с разгрузением.

На рис. 5 представлены диаграммы внедрения с повторными нагружениями для исследуемого топокомпозита с покрытием TiN. Повторное нагружение топокомпозита приводит к возникновению отслаивания (см. рис. 6, вставка, кривая нагружения 2/, кривая разгрузки 2//).

Подобная линейная зависимость наблюдается у исследуемого в данной работе топокомпозита с покрытием из нитрида титана также и в третьем цикле деформирования (см. рис. 5, кривая 3//). Кривые разгрузки при втором и третьем цикле деформирования в большей части своих кривых практически совпадают с кривой разгрузки первого цикла деформирования (см. рис. 5, кривые 2//, 3// и 1//) . Кривые нагружения второго и третьего цикла деформирования, реализуя упругое деформирование слоистой системы, располагаются на незначительном расстоянии от кривой разгрузки первого цикла индентирования. Если бы второй и третий цикл нагружения был бы доведен по нагрузке до предельного значения нагрузки первого цикла деформирования, то мы бы имели классические гистерезисные петли, слегка смещенные вправо от основной кривой разгрузки.

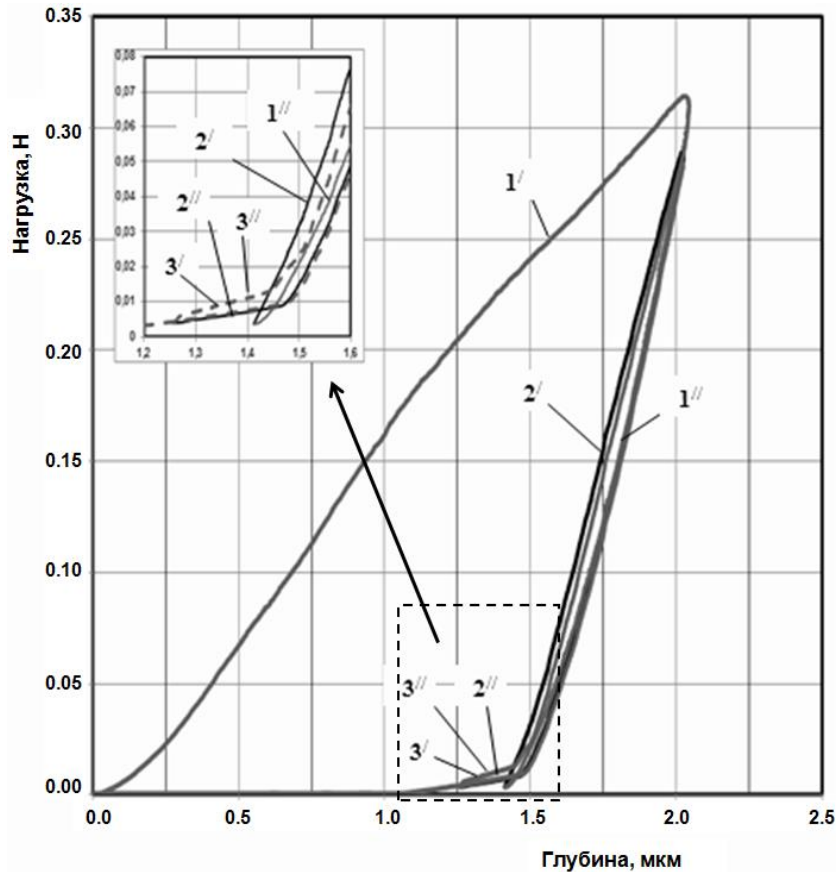


Рис. 5. Повторные диаграммы внедрения для топокомпозита с покрытием нитрида титана: 1', 2', 3' – кривые нагружения, 1'', 2'', 3'' – кривые разгрузки для первого, второго и третьего цикла деформирования.

Известно, что гистерезис во время испытаний на многоцикловое индентирование может происходить из-за разрушения, фазового превращения и вязкоупругой или вязкопластической деформации [5]. Любой из указанных процессов проявляет тенденцию к увеличению площади петли гистерезиса. В случае, представленном на рис. 5, мы можем говорить о хорошей повторяемости циклов деформирования и малой по величине и неизменной при повторении ширине гистерезисных петель. Такое поведение топокомпозита с покрытием из нитрида титана говорит о хорошей сохранности структуры и состава компонентов топокомпозита (можно говорить лишь о незначительной пластической деформации при повторных нагружениях) и, в первую очередь материала покрытия, при смене направления деформирования.

Для топокомпозита с покрытием из нитрида алюминия (см. рис. 6) диаграмма внедрения с повторными циклами деформирования, отличается от диаграммы внедрения для топокомпозита с покрытием из нитрида титана, как на первом цикле, так и на последующих. Второй цикл деформирования показывает кривую нагружения далеко отстоящую от кривой разгрузки первого цикла деформирования. Однако кривая разгрузки второго цикла деформирования совпадает по всей длине с кривой разгрузки первого цикла деформирования. Тут надо отметить тот факт, что диаграмма внедрения второго цикла деформирования проведена при более низкой предельной нагрузке нагружения. Это привело к совпадению кривых разгрузки первого цикла и второго. При проведении второго цикла с предельной нагрузкой нагружения равной предельной нагрузке первого цикла нагружения кривая разгрузки второго цикла деформирования располагалась бы почти эквидистантно (наблюдается отличие в конце кривой разгрузки), но правее кривой разгрузки первого цикла деформирования.

третьего цикла хорошо заметно отличие в расположении этих кривых друг относительно друга. Нижняя часть кривой разгрузки третьего цикла деформирования явно демонстрирует совпадение кривизн кривых третьего и первого цикла деформирования. Опять, если довести третий цикл деформирования до конечной нагрузки, равной по величине предельной нагрузки в первом цикле деформирования, можно ожидать смещение кривых третьего цикла деформирования правее, относительно второго цикла деформирования. То есть кривая разгрузки третьего цикла деформирования будет в верхней области своей кривой на большей ее части будет располагаться почти эквидистантно кривой разгрузки первого цикла деформирования. При этом окончания кривой разгрузки третьего цикла деформирования в нижней своей части, как и кривой второго цикла деформирования смещаются левее и совпадают с конечной точкой глубины внедрения при нагрузке, принятой для первого цикла нагружения. При последующих циклах деформирования можно ожидать аналогичный принцип построения

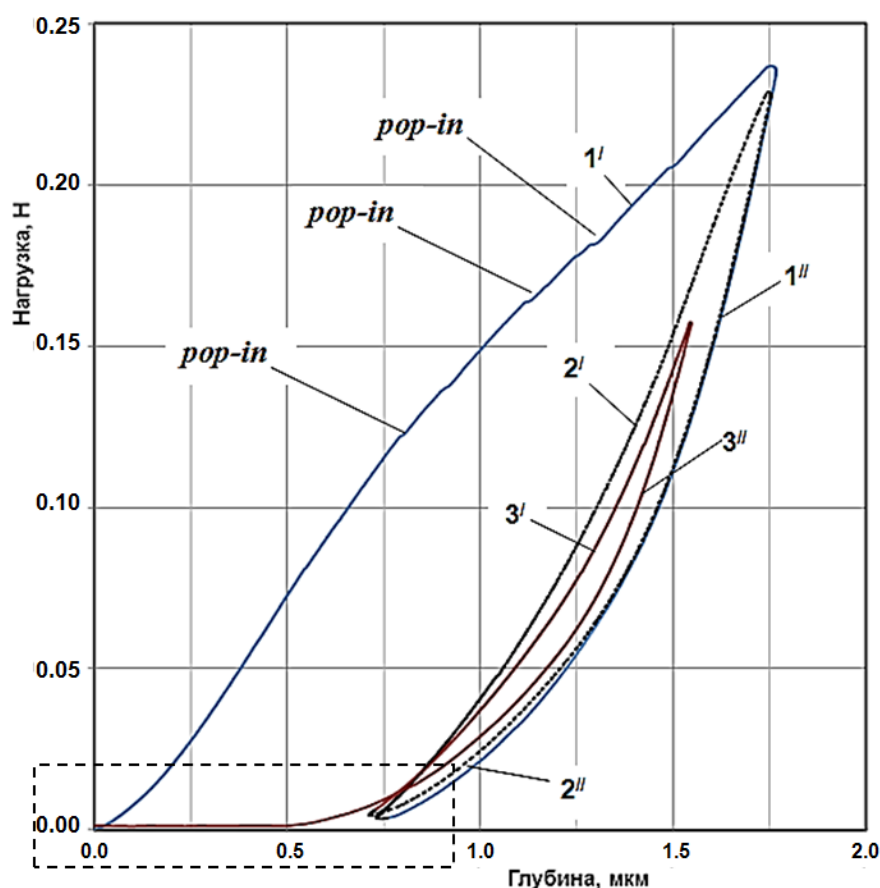


Рис. 6. Повторные диаграммы внедрения для топокомпозита с покрытием нитрида алюминия: 1', 2', 3' – кривые нагружения и 1'', 2'', 3'' – кривые разгрузки для первого, второго и третьего цикла деформирования.

Третий цикл деформирования был проведен при достижении предельной нагрузки, заведомо меньшей, чем в первом и втором циклах нагружения. Это было сделано для того чтобы избежать наложения кривых друг на друга. Из сопоставления кривых нагружения второго и

расположения кривых нагружения и разгрузки, но с постепенным уменьшением площади петель гистерезиса. В общем виде можно представить вид таких кривых повторных циклов деформирования, определяющие потери энергии на гистерезис, в виде набора гистерезисных петель «верного» вида

с нижней точкой схождения всех петель в точку, а в верхней части петли заканчиваются на уровне значения нагрузки, соответствующей предельной нагрузке деформирования первого цикла, смещенные на некоторый шаг, уменьшающийся с каждым последующим циклом деформирования. Характерной чертой этих гистерезисных петель является значительная ширина петель, по сравнению с гистерезисными петлями топокомпозита с покрытием из нитрида титана. Последний, третий, цикл деформирования в данном эксперименте был доведен до конца, то есть до полной разгрузки. Из анализа этой кривой разгрузки хорошо видно, что остаточная глубина внедрения (см. рис. 6, выделенный прямоугольник), так же как и в случае, отмеченном при анализе кривых деформирования при различных нагрузках (см. рис. 1, выделенный прямоугольник), трудно определяется, но ориентировочно располагается вблизи нулевой точки оси координат. Повторяемость этого события в жизни диаграммы внедрения топокомпозита с покрытием из нитрида алюминия позволяет полагать, что восстановленное после отслаивания покрытие возвращается не в горизонтальное положение, номинально соответствующее начальной, исследуемой в эксперименте, поверхности, а несколько выгибается вверх. Такой результат характерен для тонких покрытий с высоким уровнем остаточных напряжений сжатия. Наблюдаемое явление получило название buckling. Для исследуемого в данной работе топокомпозита трудно представить такой вид деформирования покрытия, так как глубина индентирования не превышает и половины толщины покрытия. С большей вероятностью можно предполагать, что в покрытии из нитрида алюминия в месте индентирования имеет место фазовое превращение материала покрытия, изменяющее плотность и упругие свойства в месте деформирования под индентором. В подтверждение этой мысли можно отметить увеличение глубины внедрения при конечной нагрузке с каждым последующим циклом индентирования. При этом остаточная глубина индента не увеличивается, а уменьшается.

Вид гистерезисных петель, их изменение при последующих повторных циклах деформирования и ширина петель у топокомпозита с покрытием из нитрида алюминия говорит о значительных структурно-фазовых перестройках в материале топокомпозита при каждом цикле индентирования. Ширина гистерезисных петель говорит о величине затрат энергии на структурную перестройку и фазовое изменение материала топокомпозита. Сравнение диаграмм внедрения исследуемых топокомпозитов с повторными циклами деформирования показывают, что изменение строения материала не в материале основы топокомпозитов, так как в исследуемых топокомпозитах в качестве основы используется один и тот же материал, алюминиевый сплав, а гистерезисные потери в топокомпозите с

покрытием из нитрида титана практически отсутствуют (сравните ширину гистерезисных петель на рис. 5 и рис. 6). Следовательно, можно заключить, что потери энергии на гистерезис в топокомпозите с покрытием из нитрида алюминия обусловлены структурными и фазовыми изменениями в материале покрытия.

Анализ литературы [10, 11] о структурообразовании в ковалентных кристаллах (алмаз и алмазоподобные фазы BN, SiC, AlN) на стадии пластической деформации позволяют утверждать, что покрытие из нитрида алюминия в исследованном в данной работе топокомпозите подверглось фазовым и структурным изменениям в период индентирования. В работе [10] помощью молекулярно-динамического моделирования исследованы фазовые превращения при наноиндентировании в поверхность (0001) монокристаллического AlN со структурой вюрцита. При увеличении глубины вдавливания следующие эффекты наблюдаются последовательно: разрыв поверхности; зарождение и рост графитоподобного фазы; образование и течение аморфной фазы; генерация тетрагональной промежуточной структуры. Установлено, что аморфизация AlN приводит к падению нагрузки во время наноиндентирования. В работе [11] обобщены результаты исследований эволюции структурных превращений при деформации при высоких давлениях компактных материалов на основе группы ковалентных веществ: алмаза, карбида кремния, нитридов алюминия и бора с алмазоподобными решетками типа вюрцита. К настоящему времени установлено, что в кристаллах керамических материалов скольжение реализуется при комнатной температуре в различных условиях нагружения. Это характерно для веществ, как с ионным типом химической связи, так и с ионно-ковалентным и ковалентным типами. Типичными структурными превращения керамических материалов являются при деформировании пластическая фрагментация кристаллов за счет появления внутрикристаллитных границ раздела и проскальзывание (смещение) без нарушения сплошности по внутризерненным границам раздела. Известно, что образование ступенек типа «pop-ins» и перегибов на кривых нагружения при индентировании ряда компактных керамических материалов может быть связано с изменением плотности материала при полиморфных твердофазных превращениях.

О наличии и величине пластической деформации в покрытиях исследуемых топокомпозитов можно судить по виду и величине площадей гистерезисных петель. Выявленные на повторных диаграммах деформирования топокомпозитов с покрытием из нитрида алюминия гистерезис и ширина гистерезисных петель (см. рис. 6) говорят о полиморфных твердофазных структурных превращениях в материале покрытия.

Значительные энергетические расходы на твердофазные структурные превращения в

покрытия из нитрида алюминия, затраченные на этапе внедрения индентора в топокомпозит, создают существенный запас упругой энергии в покрытии (в виде напряжений сжатия), который реализуется в процессе разгрузки. Эти напряжения в сочетании с напряжениями растяжения от изгиба покрытия при внедрении индентора в топокомпозит приводит к появлению кривой разгрузки с сильно нелинейным участком в нижней части кривой разгрузки диаграммы внедрения. Площадь фигуры под нелинейной частью кривой разгрузки, характеризующая энергию, реализуемую на диссипацию энергии от напряжений в покрытии включает в себя и энергию, затрачиваемую на упругое восстановление, отслаивающегося покрытия.

Выводы и предложения

Проведен феноменологический анализ экспериментальных диаграмм внедрения топокомпозитов с покрытиями из нитрида алюминия, нанесенного на подложку из алюминийевого сплава Д16Т. Установлено, что 1. нелинейный вид конца кривой разгрузки обусловлен твердофазными структурными изменениями в покрытии нитрида алюминия в процессе инструментального индентирования; 2. уровень твердофазных структурных изменений в покрытиях может быть оценен по величине гистерезисных потерь (ширине гистерезисных петель); 3. уровень гистерезисных потерь материала покрытия является существенным параметром, влияющим на характер деформирования и виды кривых нагружения и разгрузки диаграммы внедрения и должен учитываться при анализе работоспособности слоистых систем.

Список литературы

1. Bhushan B, Depth-sensing nanoindentation measurement techniques and applications. *Microsyst. Technol.* 2017; 23: 1595–1649. doi: 10.1007/s00542-017-3372-2.
2. Chen J, Indentation-based methods to assess fracture toughness for thin coatings. *J. Phys. D: Appl.*

Phys. 2012; 45(203001):1-14. doi:10.1088/0022-3727/45/20/203001.

3. Oliver W C , Pharr G M, An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments. *J. Mater. Res.* 1992; 7(6): 1564-1583.

4. Abdul-Baqi A ,Van der Giessen E, Delamination of a strong film from a ductile substrate during indentation unloading. *Journal of Materials Research.* 2001; 16(5): 1396 – 1407. doi:10.1016/S0040-6090(00)01344-4.

5. Chen J, Bull S J, Multi-cycling nanoindentation study on thin optical coatings on glass. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 2008; 41(074009):1-9. doi:10.1088/0022-3727/41/7/074009

6. Fischer-Cripps A C , *Nanoindentation*. Third Edition. New York: Springer; 2008.

7. Voronin N A, Effect of Substrate Material Compliance on the Character of Topocomposite Damage under Instrumental Indentation. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability.* 2020; 49(10): 862–869. doi: 10.3103/S1052618820100118/

8. Voronin N A, Modeling of an Indentation Diagram for Voronin N.A. Modeling of an Indentation Diagram for Topocomposites. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability.* 2018; 47(5): 430–437. doi: 10.3103/S1052618818050138

9. Hu J, Chou Y K, Thompson R G, Cohesive zone effects on coating failure evaluations of diamond-coated tools. *Surface & Coatings Technology.* 2008; 203: 730–735. doi:10.1016/j.surfcoat.2008.08.029.

10. Luo X, Zhang Z, Xiong Y, et al. Atomistic simulation of amorphization during AlN nanoindentation. *Ceramics International.* 2021; 47:15968–15978.

doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.02.171.

11. Олейник Г. С. Структурные механизмы пластической деформации керамических материалов // *Электронная микроскопия и прочность материалов.* 2014. № 20. С.3-30. [Oleinyk G S, Structural mechanisms of plastic deformation of ceramics. *Electron microscopy and strength of materials.* 2014; (20): 3-30. (in Russ)] <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/114278>

Выговский А.В., Мыстецкий В.А.*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины
07270; Киевская обл., Иванковский р-н., г. Чернобыль ул. Кирова 36 а***КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ЗАКУПОРКИ ПОЛЫХ ПРОВОДНИКОВ СТЕРЖНЕЙ
ОБМОТКИ СТАТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ ТИПА ТВВ-1000-2У3****A. V. Vygovskiy, V. A. Mystetskiy***Institute for safety problems of nuclear power plants national academy of sciences of Ukraine.
Kirova str. 36a, Chornobyl, 07270, Ukraine***CONTROL AND DIAGNOSIS OF ENCAPSULATION OF HOLLOW CONDUCTORS OF
TURBOGENERATOR STATOR WINDING RODS OF TVB-1000-2U3 TYPE**

Приведены методика, математические модели и алгоритмы расчёта трёхмерного температурного поля обмоток статора турбогенератора типа ТВВ-1000-2У3 в стационарных и переходных режимах эксплуатации. Разработана программа для реализации на компьютере нахождения распределения трёхмерного температурного поля в стержнях обмоток статора указанного турбогенератора в стационарных и переходных режимах эксплуатации. Для сравнения с экспериментальными данными выполнены расчёты нестационарного и стационарного нагрева стержней обмотки статора турбогенератора. Сравнение расчётных и экспериментальных данных показало, что они отличаются менее, чем на 5 %. Это указывает на достоверность разработанных методик, математических моделей и алгоритмов. Проведены расчёты трёхмерных температурных полей обмотки статора в процессе пуска при изменении нагрузки турбогенератора от нуля до номинальной при наличии полных и частичных закупорок полых проводников в стержнях этой обмотки. Произведена обработка расчётных температурно-временных зависимостей нагрева медного полого проводника и термометра сопротивления (расположенного под клином) в пазу верхнего стержня обмотки статора в зависимости от наличия дефектов при пуске турбогенератора. Определены диагностические признаки, с помощью которых, возможно надёжно и эффективно диагностировать появление и развитие дефекта в стержнях обмотки статора.

The method, mathematical models and algorithms for calculating the three-dimensional temperature field of the stator windings of the turbogenerator type TVV-1000-2U3 in stationary and transient modes of operation are given. The program for realization on the computer of finding of distribution of a three-dimensional temperature field in cores of stator windings of the specified turbogenerator in stationary and transient operating modes is developed. For comparison with the experimental data, calculations of nonstationary and stationary heating of the stator winding rods of the turbogenerator were performed. Comparison of calculated and experimental data showed that they differ by less than 5%. This indicates the reliability of the developed methods, mathematical models and algorithms. Calculations of three-dimensional temperature fields of the stator winding during start-up when the load of the turbogenerator changes from zero to nominal in the presence of complete and partial blockages of hollow conductors in the rods of this winding are performed. The calculated temperature - time dependences of the heating of the copper hollow conductor and the resistance thermometer (located under the wedge) in the groove of the upper rod of the stator winding are processed depending on the presence of defects when starting the turbogenerator. Diagnostic features are determined, with the help of which it is possible to reliably and effectively diagnose the appearance and development of a defect in the rods of the stator winding.

Ключевые слова: турбогенератор, обмотка статора, математическая модель, закупорка полого проводника, температурное поле, диагностические признаки.

Keywords: turbogenerator, stator winding, mathematical model, encapsulation of the hollow conductors, temperature fields.

На четырех АЭС Украины эксплуатируются 17 турбогенераторов серии ТВВ (производства ОАО «Силовые машины», Россия). Указанные турбогенераторы соответствуют трем типам: ТВВ-220-2АУ3 (4 штуки на АЭС Украины), ТВВ-1000-2У3 (5 шт.), ТВВ-1000-4У3 (8 шт.).

Безопасность, надежность и эффективность эксплуатации энергоблока АЭС в целом зависит от показателей надежности каждого элемента технологической цепи преобразования энергии

«ядерный реактор - парогенератор - турбина - турбогенератор - блочный трансформатор». Значительная часть инцидентов (от 30 до 70 %) на украинских АЭС, связанных с незапланированными отключениями от сети и снижением нагрузки энергоблоков, вызвана недостаточной надежностью электротехнического оборудования. Наибольшая доля в невыработке электроэнергии из-за отказов электротехнического

оборудования припадает на турбогенераторы (до 70 - 80%) [1, 2, 4 - 6].

Турбогенераторы – самый сложный элемент электрической части тепловых и атомных электростанций, в которых сочетаются проблемы мощности, габаритов, электромагнитных характеристик, тепловых процессов нагрева и охлаждения, статистической и динамической прочности элементов конструкции и тому подобное. Надежность их работы определяет надежность функционирования энергоблока в целом. Статистика отказов турбогенераторов АЭС Украины за период 2011 – 2017 гг. приведена в [1].

Таким образом, низкая надежность турбогенераторов мощностью 1000 МВт является существенным фактором, влияющим на безопасность, надежность и эффективность эксплуатации энергоблоков АЭС Украины. Простой энергоблока АЭС мощностью 1000 МВт - это экономические потери в 480 000 USD в сутки только от недовыработки электроэнергии [3].

В турбогенераторах серии ТВВ, в целях повышения единичной мощности, применено непосредственное водяное охлаждение обмоток статора и непосредственное водородное охлаждение обмотки ротора и активной стали статора.

В турбогенераторах типа ТВВ с непосредственным охлаждением обмоток статора водой отказы, связанные с нарушением циркуляции воды в стержнях обмотки, по удельной стоимости уступают лишь отказам, первопричиной которых является разпушовка крайних пакетов сердечника статора. В ряде случаев дефект прекращения циркуляции воды в обмотке проявляется лишь тогда, когда процесс разрушения изоляции достигает последней стадии своего развития - происходит пробой корпусной изоляции. Механизм закупорки полых проводников стержней обмотки статора описан в [2, 7].

Важным путем обеспечения надежной, безопасной и эффективной эксплуатации турбогенераторов АЭС, повышение наработки на отказ, повышение до мирового уровня коэффициентов готовности является контроль и диагностика их технического состояния. Задача диагностики заключается в определении действительного состояния машины в условиях эксплуатации или при заводском контроле для своевременного обнаружения (или предвидение) отдельных неисправностей и установления причин их возникновения. Важнейшей задачей систем технической диагностики турбогенератора является выявление возможных дефектов на ранней стадии возникновения. Результаты диагностики должны позволять предотвратить внезапной отказ и служить основанием для принятия решения о дальнейшей эксплуатации турбогенератора и характере будущего ремонта или технического обслуживания.

Для проведения оперативной диагностики технического состояния обмотки статора

турбогенератора необходимо определить диагностические признаки технического состояния этой обмотки для переходных режимов. Для решения такой проблемы была поставлена и решена новая полевая задача расчета трехмерного температурного поля обмотки статора турбогенераторов типа ТВВ в переходных режимах эксплуатации.

Описание температурного поля выполнено с помощью системы дифференциальных уравнений теплопроводности, уравнений подогрева хладагента, начальных и граничных условий I - IV рода [1, 2]:

$$c(\theta, l)\rho(\theta, l)\frac{\partial\theta}{\partial t} = \text{div}(\lambda(\theta, l) \cdot \text{grad}\theta) + q_V(\theta, l); \quad (1)$$

$$\theta_{xi} = \pm \frac{\lambda_M}{\alpha_{xi}} \frac{\partial\theta}{\partial l_i} \quad (2)$$

Граничные условия запишем в виде:

$\theta_{xi} = \pm \frac{\lambda_M}{\alpha_{xi}} \frac{\partial\theta}{\partial l_i}$ - для охлаждающих каналов полых проводников;

$\theta_{xi} = \pm \frac{\lambda_3}{\alpha_{xi}} \frac{\partial\theta}{\partial l_i}$ - для внешних теплообменных поверхностей обмотки статора, ее лобовых частей и пакетов сердечника статора;

$$\pm \lambda_i \frac{\partial\theta_i}{\partial n} (\xi - 0) = A_k [\theta_i(\xi + 0) - \theta_j(\xi - 0)] \text{ и}$$

$$A_k [\theta_i(\xi + 0) - \theta_j(\xi - 0)] = \pm \lambda_j \frac{\partial\theta_j}{\partial n} (\xi + 0) -$$

на границе соприкасающихся поверхностей элементов обмотки.

где θ - температура в области анализа; Q_i - расход хладагента в соответствующем i -м канале; F_i, b_i - площадь поперечного сечения и ширина i -го охлаждающего канала соответственно; l - соответствующая пространственная координата; α_{xi}, c_{xi} - коэффициент теплоотдачи и удельной теплоемкости хладагента соответственно; c, ρ, λ - удельная теплоемкость, плотность и коэффициент теплопроводности области анализа.

Настоящая задача является нелинейной, так как при изучении температурных процессов необходимо учитывать нелинейную зависимость коэффициентов теплопроводности, плотности, теплоемкости и электрического сопротивления от температуры. В качестве первого этапа решения этой задачи проводится дискретизация исходных дифференциальных уравнений, в результате которой получаем систему нелинейных алгебраических уравнений (нелинейную разностную схему). В дальнейшем производятся кусочная линеаризация и усреднение указанных теплофизических параметров в зависимости от температуры. Среда в рассматриваемой области является неоднородной (изоляция, медь). На границе разнородных материалов теплофизические параметры будут разрывными функциями. Следовательно, для решения настоящей краевой задачи требуется метод, при помощи которого можно получить схемы, сходящиеся в случае разрывных коэффициентов. Эффективным

методом решения задач такого класса является интегро-интерполяционный метод (метод баланса).

Аппроксимация задачи осуществляется в два этапа: сначала по пространственным переменным, а затем по времени. По пространственным переменным узлы и элементы рассматриваемой области разбиваются на $N - e$ количество

элементарных объемов. Используя результаты построения разностной схемы задачи теплообмена с помощью интегро-интерполяционного метода, уравнение теплового баланса для каждого элементарного объема представляем в конечно-разностном виде:

$$c_n \rho_n V_n \frac{\partial \theta}{\partial t} = (\theta_{n+1} - \theta_n) A_{n+1,n} + (\theta_{n-1} - \theta_n) A_{n-1,n} + \dots + q_n \cdot V_n, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad (3)$$

где $A_{n \pm j, n}$ - взаимная тепловая проводимость к соседнему элементарному объёму (узлу).

В результате получено дифференциальное уравнение по времени и разностное по пространственным координатам. В правой части представлены непрерывные составляющие (тепловые потоки), в которых в явном виде отсутствуют точки (линии) разрыва теплофизических параметров. Данное обстоятельство позволяет записать во всех узлах сетки одни и те же формулы (без какого-либо изменения формул в окрестности разрывов). Таким

образом, с помощью интегро-интерполяционного метода получаем однородную разностную схему (в том числе и для участков подогрева (охлаждения) хладагента в охлаждающих каналах и областях). Затем проведем разностную аппроксимацию частных производных по времени. Расчетные формулы для определения температуры в n -ом узле в следующий момент времени t^{j+1} имеют вид:

$$\theta_n^{(j+1)} = \left(\sum_{i=1}^N \theta_i \Lambda_{n \pm 1, n} + q_n^{(j)} v_n + \theta_n^{(j)} (F_{0n} - \sum_{i=1}^6 \Lambda_{n \pm 1, n}) \right) / F_{0n}, \quad (4)$$

где $F_{0n} = V_n c_n \gamma_n / t_j$.

С помощью описанных выше методики, алгоритмов и математических моделей разработана программа для выполнения на компьютере расчета трехмерного температурного поля обмотки статора турбогенераторов мощностью 1000 МВт типа ТВВ-1000-2У3 в стационарных и переходных режимах эксплуатации.

В качестве тестового для сравнения с экспериментальными данными, выполнены расчеты нестационарного (для пуска) и стационарного режимов нагрева стержней обмотки статора турбогенератора. Для сравнения были использованы данные тепловых испытаний турбогенератора типа ТВВ-1000-2У3 Ровенской АЭС (ст. № 5). Были заданы следующие значения экспериментального режима: активная мощность $P = 946,2$ МВт; $\cos \varphi = 0,994$; напряжение $U = 24,2$ кВ; токи фаз статора (кА) соответственно 22,5; 22,5; 21,8, среднее значение $-I_{cp} = 22,3$ кА; частота $f = 50$ Гц; температура холодного дистиллята равная 38 °С, средняя температура горячего дистиллята 52,5 °С, средняя температура холодного газа (водорода) 25,5 °С, средняя температура горячего водорода 41,9 °С, давление водорода в корпусе турбогенератора $p = 5$ кПа. Были заданы коэффициенты теплоотдачи в полых каналах проводников стержней обмотки статора к воде равные $\alpha = 15000$ Вт / (м² К).

Экспериментальные значения температуры и подогрева горячего дистиллята составляют 52,5 °С и 14,5 °С, а расчетные - 53,6 °С и 15,0 °С; они отличаются между собой на 2,1 % и 3,4 %, соответственно.

При непосредственном жидкостном интенсивном охлаждении температура полых медных проводников незначительно отличается от температуры охлаждающей воды. Так, в сечении на выходе из нижнего стержня максимальная температура горячей воды 50,3 °С, а температура полых медных проводников находится в интервале 50,8 - 50,9 °С. По данным АСКР (Автоматическая система контроля), значения измеренных температур по термометрах сопротивлений, установленных в пазу на боковых поверхностях нижних стержней, находятся в интервале 34 - 48,0 °С. Расчетное значение показаний соответствующего термометра сопротивления 42,9 °С. Для верхних стержней, установленных в пазу под клином, экспериментальные значения термометров сопротивлений находятся в интервале 40,6 - 48,7 °С, а расчетное значение - 48,2 °С.

Учитывая погрешность измерений, можно утверждать, что данные расчета и эксперимента практически совпадают (отличаются менее чем на 5%). Это свидетельствует о достоверности разработанных методик, математических моделей, алгоритмов и программы расчета трёхмерных температурных полей обмотки статора турбогенераторов мощностью 1000 МВт типа ТВВ-1000-2У3.

В процессе эксплуатации температуры стержней обмоток статора, работающего турбогенератора, тщательно контролируются. На турбогенераторах серии ТВВ температура обмотки измеряется термометрами сопротивления, наложенными на изоляцию каждого стержня обмотки статора со стороны слива дистиллята. На

верхних стержнях термометры сопротивления уложены под пазовый клин вблизи выхода из паза. На генераторах мощностью 800 МВт и выше нижние стержни охлаждаются независимо от верхних и контролируются термометрами сопротивления, наложенными на боковую поверхность лобовой части стержня. Однако, нормативные методы контроля и диагностики на сегодняшний день не справляются, в ряде случаев, с задачей контроля и диагностирования явления закупорки полых проводников стержней обмоток статора [1, 3]. В связи с этим моделирование тепловых процессов для целей контроля и диагностики дефектов в стержне статора мощных турбогенераторов ТЭС и АЭС, разработка математических моделей теплового состояния стержня, разработка алгоритмов и программ, получение исходных данных по параметрам теплопередачи и добавочным потерям в стержне, поиск новых диагностических признаков принимают все большее значение.

В качестве новых диагностических признаков технического состояния стержней обмоток статора турбогенераторов типа ТВВ предлагается применить такие результаты обработки температурно – временных зависимостей нагрева полого проводника стержня и изменения показаний термометра сопротивления при нагреве стержня, как постоянная времени регулярного режима T_1 , начальная производная $d\theta/dt|_{t=0}$, время начала регуляризации t^{**} .

В табл. 1. приведены результаты обработки расчетных температурно-временных зависимостей нагрева медного полого проводника и термометра сопротивления (расположенного под клином) в пазу верхнего стержня обмотки статора в зависимости от частичной и полной закупорки

С помощью разработанных методики, алгоритмов, математических моделей и программы расчета выполнены многочисленные вычислительные эксперименты по определению трёхмерного температурного поля в стержнях обмотки статора турбогенератора типа ТВВ-1000-2УЗ при наличии полной и (или) частичной закупорки полых проводников обмотки в переходных режимах эксплуатации (для пуска). Затем произведена обработка кривых нагрева полого медного проводника и показаний соответствующего термометра сопротивления по определению таких параметров: начальная производная, постоянная времени регулярного режима, время начала регуляризации.

Рассмотрим результаты расчетов теплового состояния и определения диагностических признаков температурно-временных зависимостей нагрева верхнего стержня обмотки статора двухполюсного турбогенератора мощностью 1000 МВт типа ТВВ-1000-2УЗ. На рис. 1. приведены результаты нагрева верхнего стержня обмотки при пуске турбогенератора при изменении нагрузки от нуля до номинальной. При нагревании в процессе пуска происходит значительное запаздывание изменений показаний термометра сопротивления по сравнению с нагревом медных проводников стержня. Изменение показаний термометра сопротивления на 10 % от установившегося значения достигается через 115 с (медного проводника - через 4 с).

полого проводника при пуске турбогенератора и изменении нагрузки от нуля до номинального для определения следующих параметров: начальная производная $d\theta/dt|_{t=0}$, постоянная времени регулярного режима T_1 , время начала регуляризации t^{**} .

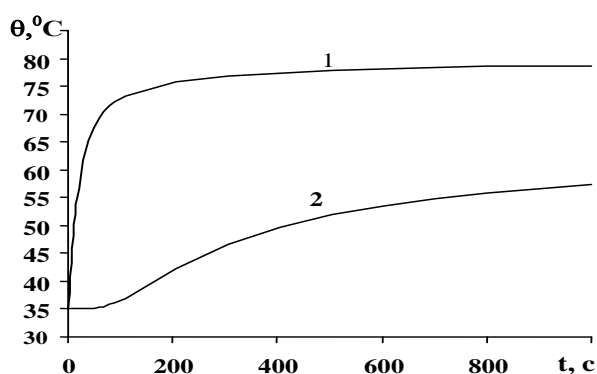


Рис. 1. Результаты нагрева верхнего стержня обмотки статора и термометра сопротивления турбогенератора типа ТВВ-1000-2УЗ при изменении нагрузки от нуля до номинального: 1 - температура проводника перед выходом из паза; 2 - показания датчика температуры под клином

Как показывают результаты обработки температурно-временных зависимостей по

определению их параметров, при частичной и полной закупорке полых проводников стержней

обмотки статора, постоянная времени регулярного режима и время начала регуляризации существенно возрастают, как для медного полого проводника, так и для термометра сопротивления, установленного в пазу под клином, а начальные производные (проводника и термометра

сопротивления) не изменяются. Так, для незакупоренного полого проводника $T_{M1} = 43,0$ с, $t^{**} = 2,2$ с, $d\theta_M / dt|_{t=0} = 1,55$, $T_{D1} = 254$ с, $d\theta_D / dt|_{t=0} = 0,025$; при частичной закупорке полого проводника ($K_{зак} = 0,8$): $T_{M1} = 91,8$ с, $t^{**} = 53,2$ с, $d\theta_M / dt|_{t=0} = 1,55$, $T_{D1} = 279,2$ с, $d\theta_D / dt|_{t=0} = 0,025$.

Таблица 1.

Параметры температурно-временных зависимостей нагрева медного полого проводника и термометра сопротивления в пазу верхнего стержня обмотки статора турбогенератора типа ТВВ-1000-2У3 при частичной и полной закупорке.

Коэффициент частичной закупорки $K_{зак} = S_{зак}/S_{ном}$	Медный полый проводник верхнего стержня обмотки			Показания термометра сопротивления	
	Начальная производная $d\theta_M/dt _{t=0}, ^\circ C/c$	Постоянная времени регулярного режима T_{M1}, c	Время начала регуляризации t^{**}, c	Начальная производная $d\theta_D/dt _{t=0}, ^\circ C/c$	Постоянная времени регулярного режима T_{D1}, c
0	1.55	43.0	2.2	0.025	254.0
0.3	1.55	48.2	12.0	0.025	256.4
0.5	1.55	55.4	23.1	0.025	260.4
0.6	1.55	62.0	30.8	0.025	264.0
0.7	1.55	72.8	41,2	0.025	269.6
0.8	1.55	91.8	53.2	0.025	279.2
Полная	1,55	143,8	68.1	0.025	302.8

Таким образом, с помощью вышеприведенных диагностических признаков в процессе маневренных режимов турбогенераторов по показаниям штатной системы теплового контроля (при применении мероприятий по подавлению «шумов») можно надёжно определять закупорку полых проводников стержней обмоток статоров турбогенераторов.

Выводы

1. На сегодня Украина входит в десятку стран мира, которые наиболее используют ядерную энергию для производства электрической энергии. На четырёх действующих АЭС Украины установлено 15 энергоблоков типа ВВЭР (российского производства) с 17 турбогенераторами типа ТВВ общей установленной мощностью 13,880 ГВт. Украина является восьмой в мире по установленной на АЭС мощности. А Запорожская АЭС является самой большой в Европе.

2. Все турбогенераторы, установленные на АЭС Украины, имеют непосредственное жидкостное охлаждение обмоток статора. Мощные турбогенераторы с водяным охлаждением обмоток имеют повышенную опасность засорения каналов охлаждения. Анализ информации о возникновении и развитии термических дефектов обмоток статоров турбогенераторов показывает, что практически все они связаны с нарушениями охлаждения. Наиболее опасны нарушения, которые заключаются в частичной или полной закупорке водяных каналов одной или нескольких гидравлических ветвей системы водяного охлаждения статора.

3. Штатные системы контроля и диагностики турбогенераторов, в ряде случаев, не справляются с

своевременным выявлением и идентификацией закупорок полых проводников стержней обмоток статора. Поэтому, научно исследовательские работы по поиску новых методов диагностики и контроля технического состояния турбогенераторов в процессе эксплуатации очень актуальны.

4. Авторами была поставлена и решена новая полевая задача нахождения распределения температурного поля в стержнях обмотки статора турбогенератора типа ТВВ-1000-2У3 для стационарных и переходных режимов эксплуатации в трёхмерной постановке.

5. Разработаны методика, математические модели и алгоритмы расчета трехмерного температурного поля обмотки статора турбогенераторов мощностью 1000 МВт типа ТВВ-1000-2У3 в стационарных и переходных режимах эксплуатации. С их помощью разработана программа расчёта, которая позволяет рассматривать различные стационарные и нестационарные режимы теплового состояния обмотки статора мощных турбогенераторов. При этом учитываются: подогрев воды вдоль длины стержня обмотки; зависимости теплофизических параметров (теплоемкость, плотность, коэффициент теплопроводности) меди и хладагентов от температуры; зависимости потерь в меди от температуры; частичной закупорки или прекращения циркуляции воды в одном или нескольких полых проводниках обмотки статора. Программа позволяет определять максимальные температуры в стержнях обмотки статора, определять температуру дистиллята на сливе из фторопластовых шлангов, моделировать показания

термометров сопротивления, установленных в пазах статора.

6. Для сравнения с экспериментальными данными, при помощи разработанной программы были выполнены расчеты нестационарного (для пуска) и стационарного нагрева стержней обмотки статора турбогенератора. Были использованы данные тепловых испытаний турбогенератора типа ТВВ-1000-2УЗ Ровенской АЭС (ст. № 5). Результаты расчёта и данные эксперимента практически совпадают (отличаются менее чем на 5%), что свидетельствует о адекватности разработанных методик, математических моделей, алгоритмов и программы расчета трёхмерных температурных полей обмотки статора турбогенераторов.

7. Предложены новые диагностические признаки для контроля и диагностики полной и частичной закупорки полых проводников обмоток статора турбогенераторов с непосредственным жидкостным охлаждением проводников.

Список литературы

1. О.В. Выговский. Диагностичні ознаки закупорки порожнистих провідників та підвищеного струму в елементарних провідниках обмотки статора // Ядерна енергетика та довкілля. - 2020. - № 1(16). - С. 19 - 30. [Vygovskiy AV. Diagnostic features the encapsulation and high current in elementary conductors of stator winding. Nuclear Power and the Environment. 2020; (1); 19 – 30. (in Ukr)]

2. А.В. Выговский, Т.В. Краснянская. Моделирование стационарных и переходных тепловых процессов в обмотках статора мощных турбогенераторов типа ТВВ в трёхмерной постановке // Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal), 53 part 3 - 2020. - С 12 – 23. [Vygovskiy AV., Krasnynskaya TV. Modeling of thermal processes in the current zone of the stator of powerful turbogenerators of the TVV type in three-dimensional setting. East European Scientific Journal. 2020; (53 part 3); 12 – 23. (in Russ)]

3. Выговський О. В. Основні проблеми розвитку атомної енергетики України та шляхи їхнього вирішення // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2016. – Вип. 27. – С.

5 – 12. [Vygovskiy AV. The main problems of development of nuclear energy of Ukraine and ways of their solution. Problems of Nuclear Power Plants Safety and of Chornobyl. 2016: (27); 5 – 12. (in Ukr)]

4. Выговський О. В., Хвалін Д.І. Мистецький В.А. Вплив вологості та чистоти водню на надійність потужних електричних машин. // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2017. – Вип. 29. – С. 14 – 21. [Vygovskiy AV., Hvalin DI., Mystetskiy VA. Influence of moisture and hydrogen purity of the reliability of powerful electric machines. Problems of Nuclear Power Plants Safety and of Chornobyl. 2017: (29); 14 – 21. (in Ukr)]

5. Выговський О. В., Хвалін Д.І. Мистецький В.А. Розрахунок перерозподілу механічних сил та вібрацій у системі кріплення осердя статора турбогенераторів Атомних та теплових електростанцій // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2018. – Вип. 30. – С. 51 – 59. [Vygovskiy AV., Hvalin DI., Mystetskiy VA. Calculation of redistribution of mechanical forces and vibrations in the system of fastening of the stator core of turbogenerators of nuclear and thermal power plants. Problems of Nuclear Power Plants Safety and of Chornobyl. 2018: (30); 51 – 59. (in Ukr)]

6. Выговський О. В., Хвалін Д.І. Мистецький В.А. Нова система ізоляції потужних електричних машин на основі поліуретанових композицій з застосуванням штучних алмазів// Технічні вісті. – 2018. – № 1(47). – С. 22 – 26. [Vygovskiy AV., Hvalin DI., Mystetskiy VA. New insulation system for powerful electric machines based on polyurethane compositions with the use of artificial diamonds. Technical news. 2018; (1); 22 – 26. (in Ukr)]

7. Выговський О. В. Аналіз, прогнозування та управління термомеханічними дефектами у системах водяного охолодження обмоток статорів потужних турбогенераторів АЕС // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2015. – Вип. 24. – С. 20 – 26. [Vygovskiy AV. Analysis, forecasting and management of thermomechanical defects in water cooling systems of stator windings of powerful NPP turbogenerators. Problems of Nuclear Power Plants Safety and of Chornobyl. 2015: (24); 20 – 26. (in Ukr)].

Завражнов Андрей Анатольевич

начальник Инжинирингового центра ФГБОУ ВО
Мичуринский ГАУ кандидат техн. наук, доцент

Заволока Илья Петрович

доцент кафедры ландшафтной архитектуры,
землеустройства и кадастров ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, кандидат с.-х. наук

Ланцев Владимир Юрьевич

зав. кафедрой ТТМиОК ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, д.т.н., доцент

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ В ЗАЩИТНУЮ ЗОНУ РЯДКА С УЧЕТОМ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.74.131

**Результаты исследований, представленные в статье, получены в рамках реализации Соглашения №075-11-2019-041 от 22 ноября 2019 г. между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и ОАО «Миллеровосельмаш» на выполнение НИОКТР по теме «Создание высокотехнологичного производства многофункциональных комплексов для посева и возделывания пропашных и овощных культур в системе «точного» и «нулевого» земледелия на базе интеллектуальных мехатронных модулей». НИОКТР выполняется в организации Головного исполнителя (ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ).*

Аннотация. В данной статье рассматривается эффективность применения послевсходовых гербицидов на посевах сахарной свеклы. Приводится технология возделывания с трёхкратным внесением гербицидов. Дается сравнение рекомендованной технологии химической прополки с исследуемой схемой и представлено техническое средство для ее реализации.

Ключевые слова: Сахарная свекла, густота стояния, засоренность, гербициды, урожайность.

Введение.

В настоящее время в России реализуются программы развития и долгосрочные государственные программы по ускорению развития ключевых секторов экономики на основе устойчивых, ресурсоэффективных, интенсивных и передовых информационных технологий. Важнейшей частью такой программы должна быть система производственных технологий и оборудования.

Технологии посева и возделывания пропашных культур в общем и сахарной свеклы в частности в отличие от культур сплошного посева выдвигают повышенные требования к припосевному внесению удобрений и послевсходовой гербицидной обработке. Практический опыт показывает, что игнорирование послевсходовой обработки посеянных массивов может значительно снизить урожайность даже после качественно проведенного посева.

Современная реальность требует эффективного сочетания агротехнических и химических методов защиты сахарной свеклы и технических средств реализации, позволяющие получить самые высокие экономические эффект и снижение энергетических затрат с минимально возможным воздействием на окружающую среду.

Широкий спектр природных, климатических и почвенных условий, засоренность полей многими видами сорняков и многие другие факторы, требующие внедрения различных передовых методов внесения пестицидов, минимизации использования рабочего раствора на единицу площади и минимизации загрязнения окружающей среды и соединений вредных продуктов.

Данный факт является основополагающим и технико-технологические решения, полученные при разработки и апробации послевсходовых технологий должны быть учтены при проектировании вновь создаваемых многофункциональных комплексов для посева и возделывания пропашных культур.

Общий ущерб от сорняков в мировом производстве сахарной свеклы оценивается в 20%. За счет только агротехнических мероприятий вредоносность удается снизить не более чем на 12-15%, причем не только из-за организационных причин, но и вследствие фундаментальных закономерностей биологии сорняков, их реакции на отдельные приемы защиты растений, особенностей конкурентных отношений с культурой. Поэтому основным методом борьбы с сорняками, наиболее эффективным в техническом, хозяйственном и экономическом отношениях, является химический, основанный на применении гербицидов [1].

Наиболее эффективное подавление сорняков достигается при взаимодействии гербицидов с минимальным набором агротехнических операций, применяемых в процессе ухода за растениями. Таким образом, применение гербицидов в современных технологиях возделывания сахарной свеклы является базовым методом борьбы с сорняками, на фоне которого при необходимости применяются дополнительные (страховые) приемы, подавляющие остаточную засоренность [2, 7].

Целью проведения исследования являлось определение наиболее технологичных и высокоэффективных гербицидов против основных

экономически значимых сорняков в посевах сахарной свеклы.

Объекты и методика исследований.

Объектами исследований являлись следующие гербициды: Дуал Голд, Лонтрел Гранд, Фюзилад Форте. За контроль была принята схема применения гербицидов используемая в производственных посевах.

Размещение делянок рендомизированное, повторность 4-х кратная. Размер делянок: посевной 135м² (50м*2,7м), учетной 54м² (30м*1,8м). В соответствии с программой были проведены следующие исследования:

1. Учет густоты стояния растений в период всходов и перед уборкой.
2. Учет сорняков перед обработкой.
3. Учет сорняков через 10 дней после обработки.
4. Учет сорняков через 15 дней после обработки.
5. Зависимость продуктивности гибридов сахарной свеклы от применяемой схемы гербицидной обработки [3].

При выполнении исследований, проводился учет влияния гербицидных обработок на динамику численности и видовой состав сорняков в посевах сахарной свеклы, а так же определялась эффективность различных многокомпонентных смесей гербицидов [4, 5, 6].

Применяли две комбинации обработки:

- Вариант 1- Ратник- 1,2л/га, Селект -0,6л/га, Лонтрер – 0,120 г/га, Карибу- 30 г/га;
- Вариант 2 - Дуал Голд- 1,0 л., Лонтрел Гранд- 0,05 г/га, Фюзилад Форте- 1,2 л/га.

Мелкоделяночные опыты были заложены на участке опытного поля Плодоовощного института им. И.В. Мичурина Мичуринского государственного аграрного университета, Мичуринского района Тамбовской области.

Землепользование в основном занято черноземами выщелоченными, а также лугово-черноземными и луговыми почвами.

Результаты исследований.

Первый учет засоренности был проведен непосредственно перед обработкой гербицидами, когда количество сорняков приблизилось к ЭПВ (рис.1, столбец контроль).

Перед обработкой различий в количестве и видовом составе сорняков между вариантами

практически не наблюдалось, так как система обработки почвы была одинакова на обоих вариантах опыта. Благодаря такой выравненности показателя до обработки, можно проследить как под действием различных баковых смесей гербицидов, в течении вегетации, изменяется количественный и видовой состав сорняков, а соответственно определить эффективность того или иного гербицида.

Первая обработка была проведена через 20 дней после посева. К этому времени 100 % растений сахарной свеклы достигли фазы 1-3 пары настоящих листьев, что значительно повышало устойчивость растений к воздействию гербицидов.

Анализируя рисунок 1, можно сказать, что после применения гербицидов количество сорняков значительно снизилось. Если проводить сравнение по действию различных схем гербицидов, то обнаруживается, что при единстве всех остальных факторов, более эффективно сработала схема исследуемого варианта 2. Так через 10 дней после обработки количество двудольных сорняков было на 6 шт/м² меньше чем при стандартной обработке, а злаковых на 2 растения. Через 15 дней количество сорняков увеличилось, что связано выпадением большого количества осадков и провоцированием роста сорных растений.

Вторая гербицидная обработка посевов сахарной свеклы была проведена через 15 дней.

Рассматривая эффективность баковых смесей гербицидов при второй обработке, можно сказать, что, как и в первом случае, наблюдается значительное снижение количества сорных растений. В обоих вариантах, количество сорняков снизилось на 17 шт/м² относительно показателя перед обработкой. При этом, через 10 дней после обработки в варианте с обработкой гербицидами исследуемой схемы были полностью уничтожены вегетирующие двудольные многолетние сорняки.

Через 10 дней после 3 гербицидной обработки количество сорняков, при стандартной баковой смеси, снизилось на 11 шт/м², а с исследуемыми гербицидами на 9 растений. Через 20 дней динамика по снижению численности сорняков сохранилась и в исследуемом варианте многолетние двудольные сорняки исчезли полностью, а общая численность сорной растительности заметно снизилась.

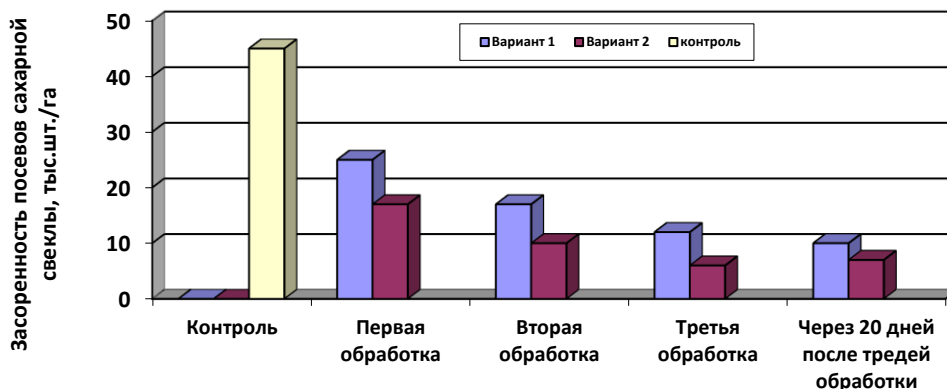


Рисунок 1- Засоренность посевов сахарной свеклы, через 10 дней после гербицидной обработки

Густота насаждения и равномерность размещения растений сахарной свеклы по длине ряда являются одними из основных факторов,

определяющих продуктивность сахарной свёклы (рис.2) [6, 8].

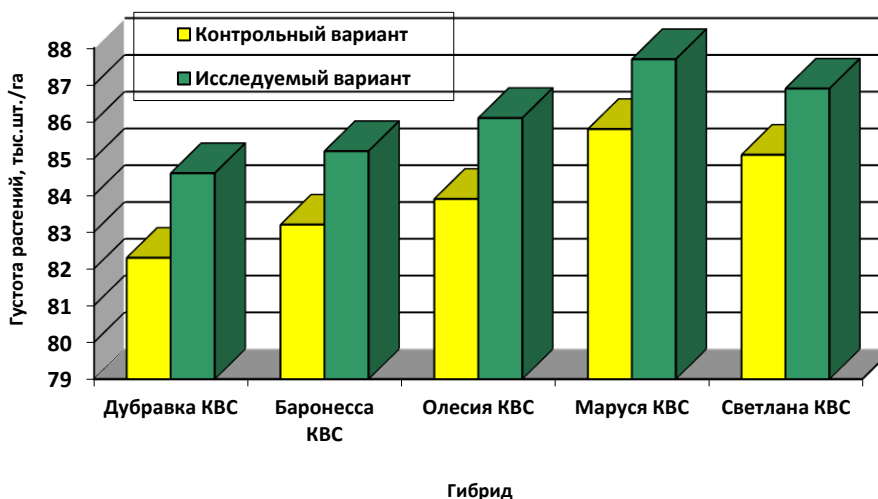


Рисунок 2 - Густота насаждения растений сахарной свеклы перед уборкой

Анализируя рисунок 2, можно сделать вывод о том, что в процессе вегетации все гибриды сахарной свеклы показали высокую выживаемость.

Для реализации предложенной схемы обработки авторским коллективом разработано техническое средство (патент 199942).

Предложено устройство для внесения гербицидов в защитную зону рядка посевов сахарной свёклы, содержащее установленные с двух сторон, симметрично относительно рядка растений, защитные щитки, внутри которых закреплены распылители, отличающееся тем, что защитные щитки выполнены из эластичного материала, каждый в форме половины усечённого конуса, направленного основанием вниз.

Защитные щитки, выполненные из эластичного материала, в форме половины усечённого конуса, направленного основанием вниз, обеспечивают максимальное приближение факела распыла к растениям, изоляцию распыляемых гербицидов в ограниченном пространстве, предохраняют от сноса и не

допускают попадание их на листья свёклы. Эластичный материал защитных щитков исключает повреждения культурных растений из-за неточностей вождения агрегата. Форма половины усечённого конуса защитных щитков позволяет изготавливать их из листового материала.

На рисунке 3 схематично изображено устройство для внесения гербицидов в защитную зону рядка посевов сахарной свёклы. Устройство для внесения гербицидов в защитную зону рядка посевов сахарной свёклы содержит несущую раму 1, на которой смонтированы подрамники 2 с закрепленными на них распылителями 3 и защитными щитками 4, выполненными из эластичного материала. Защитные щитки 4 могут быть изготовлены из листового материала и закреплены на подрамнике 2 через отверстия 5.

В работе защитные щитки 4 находятся в непосредственной близости от культурных растений 6 и исключают попадание гербицидов на листья. Расположенные с двух сторон

симметрично относительно рядка, конусные поверхности защитных щитков поднимают и удерживают листья свёклы. Гербициды непрерывно подаются к распылителям 3, которые полностью обрабатывают защитную зону рядка. При отклонении устройства от линии ряда растений из-за неточностей вождения и искривлений ряда

защитные щитки деформируются, исключая повреждения посевов свёклы.

Эффективность устройства для внесения гербицидов в защитную зону рядка посевов сахарной свёклы достигается значительным повышением качества выполнения работ.

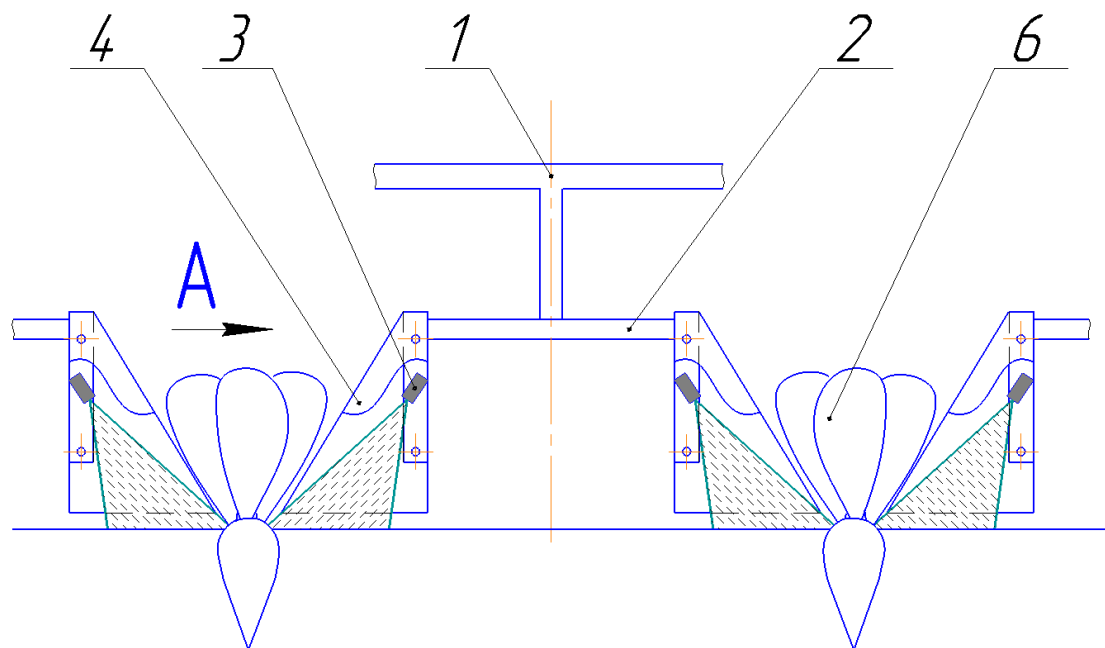


Рисунок 4 – Устройство для внесения гербицидов

Выводы. Наиболее эффективной схемой применения гербицидов на посевах сахарной свёклы является использование препаратов Дуал Голд, Лонтрел Гранд, Фюзилад Форте. Применение исследуемой схемы химической прополки вызывает наименьший стресс у растений сахарной свёклы, а соответственно увеличение урожайности в данном варианте. Использование схемы защиты с применением гербицидов Дуал Голд, Лонтрел Гранд, Фюзилад Форте обеспечило прибавку по урожайности на 1,4 т/га по сравнению с контрольным вариантом. Для внесения гербицидов целесообразно использование мехатронных модулей позволяющих с высокой точностью вносить препараты и учитывать условия для внесения.

Список литературы

1. Минаков, И.А. Развитие рынка сахарной свёклы и сахара в России / И.А. Минаков, Л.А. Сабетова // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2014. – № 10. – С. 44-48.
2. Соловьёв, С.В. Ресурсосбережение при уходе за свекловичными посевами в условиях ЦЧЗ / С.В. Соловьёв, М.О. Кузнецов, А.Г. Абросимов, В.И. Горшенин // Сб.: Инновационные подходы к разработке технологий производства, хранения и переработки продукции растениеводческого кластера: материалы Всероссийской научно-

практической конференции. – Мичуринск, 2020. – С. 205-208.

3. Методические указания по организации производственных испытаний гибридов сахарной свёклы / И.В. Апасов [и др.]. – Рамонь: ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова», 2016. – 35 с.

4. Горшенин, В.И. Совершенствование технологии и средств механизации при возделывании и уборке сахарной свёклы в условиях центрального черноземья / В.И. Горшенин, С.В. Соловьёв, А.Г. Абросимов, А.В. Алехин // Теория и практика мировой науки. – 2017. – № 12. – С. 78-81.

5. Шпаар, Д. Сахарная свёкла (выращивание, уборка, хранение) / Д. Шпаар, Д. Дрегер, А. Захаренко. – М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2006. – 315 с.

6. Соловьёв, С.В. Влияние густоты посева различных гибридов на урожайность сахарной свёклы / С.В. Соловьёв // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1. – С. 42-44.

7. Полевщиков, С.И. Влияние площади листовой поверхности на продуктивность сахарной свёклы / С.И. Полевщиков, И.П. Заволока // Сахарная свёкла. – 2010. – №9. – С. 15-17.

8. Заволока, И.П. Продуктивность гибридов сахарной свёклы отечественной и зарубежной селекции в условиях Северо-восточной части ЦЧЗ / И.П. Заволока, О.Н. Гостев, Ю.И. Верещагин // Сборник научных трудов, посвященный 85-летию

Lyubimov Vladimir Valerievich
Senior Researcher
IZMIRAN, Russian Academy of Sciences

THREE-COMPONENT FLUXGATE MAGNETOVARIAION STATION

DOI: [10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.74.135](https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.74.135)

Abstract. The work is devoted to the description of the design of the magnetovariation station, created on the basis of a three-component fluxgate sensor. This station is designed for geomagnetic work in stationary observation points, as well as for field expeditionary work.

Keywords: Magnetic field, magnetic measurements, component measurements, fluxgate magnetometers, magnetovariation station, digital inclinometers.

INTRODUCTION

Fluxgate devices are characterized by small size and compactness, low power consumption, high sensitivity and accuracy. Modern fluxgate sensors (**FS**) and devices based on them have low own noise, which allows you to work with high reliability in very weak magnetic fields (**MF**) and in a wide range of temperatures. The use of devices (magnetometers) based on FS in geomagnetic studies, allows you to realize the possibility of direct measurement of the magnetic induction vector (**MIV**) components, which provides complete information about the structure of the field and its sources, both at stationary measuring points of observations and in motion - during various kinds of expeditionary and search operations.

Currently, both in our country and abroad, there are already many developments of magnetic measuring converters (**MMC**) based on FS, which have an analog or digital output of the measured information. Along with certain advantages of all known component FS (and MMC based on them) such as compactness and low power consumption, these devices have some disadvantages. These disadvantages include: changing and increasing the measurement error due to changes in the external temperature of the environment (temperature drift), as well as measurement error due to uncontrolled changes in their orientation in space during prolonged operation. These parameters of the FS must be controlled and taken into account, especially when conducting long-term stationary measurements,

both in the conditions of a magnetic observatory (**MO**) and during expeditionary work.

The paper describes the design of a new device - magnetovariation station (**MVS**), which is created on the basis of a measuring module (**MM**). And MM made on the basis of a three-component FS [1]. The modern equipment and technologies made it possible in this development to implement not only the control of the FS parameters, the accumulation, processing and correction of the data received from the MVS and their transmission through communication channels over a distance, but also to have the binding and synchronization of the obtained data during field work using the GPS system.

MEASURING MODULE

Fig.1 shows the functional diagram (a), the general view of the structure (b) and photo (c) of the measuring module. The MM is a universal converter of analog geophysical data and includes three different independent converters analog-to-digital: three-channel magnetometric converter (**MMC**), three-channel converter of inclination angles - digital inclinometer (**DI**) and temperature sensor (**TS**). The use of component FSs in MM and other devices that complement them (DI and TS) - allows you to compensate for distortions of the MF that arise due to various factors, which allows you to get rid of part of the additional measurement error, for example, when changing of the sensor angle inclination or the influence of ambient temperature.

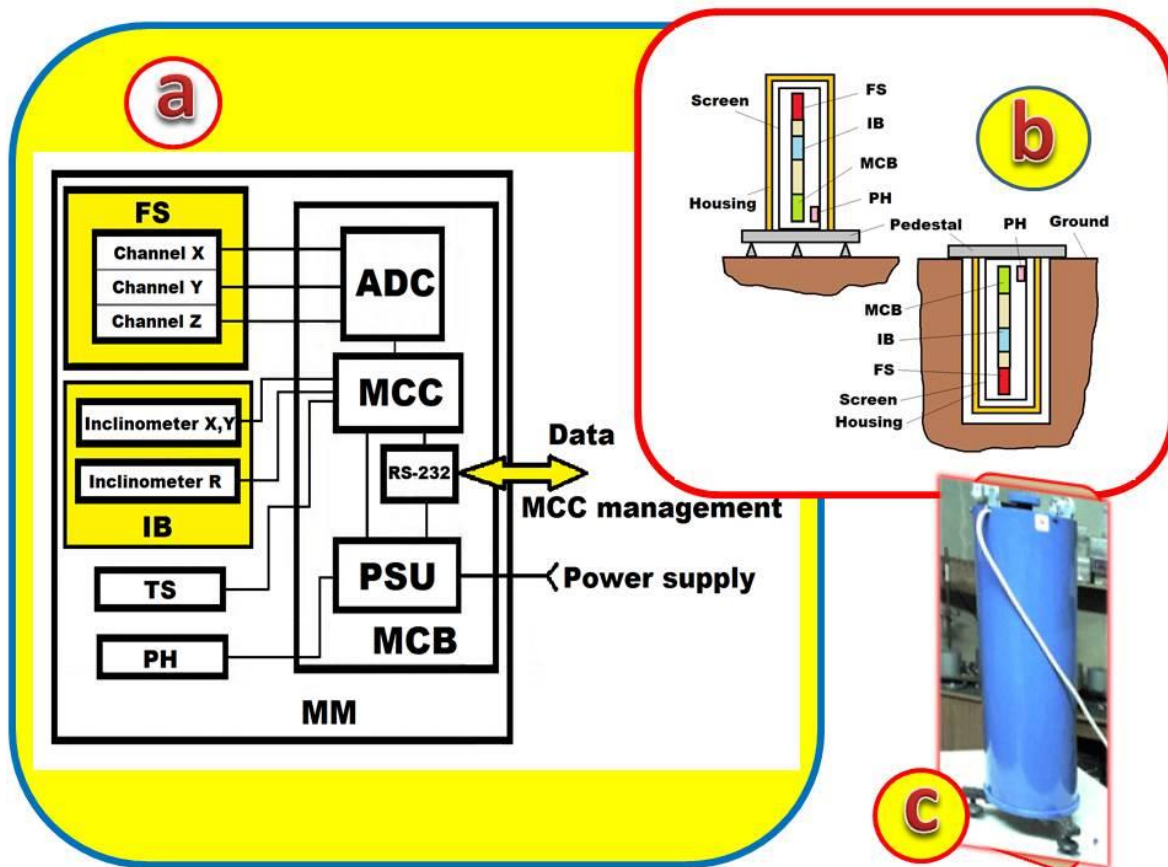


Fig.1. Measuring module of the MVS: block-scheme of MM (a), construction of the MM for a desktop or underground use case (b), and general view of the non-magnetic MM housing (c).

As a result of the sensors characteristics analysis for the scheme of the MMC device, FS type FLC3-70 was selected [2]. These sensors implement a 1 nT accuracy in the range from 0 to $\pm 70 \mu\text{T}$ and a field-voltage conversion factor of $35 \mu\text{T/V}$ for each of measuring channels (MC). At the same time, the own noise of each FS does not exceed the level of 0,1 ... 0,15 nT. The main criterion for choosing this option of FS was a higher accuracy of measurements and low consumption (6 mA) of energy from a single-polar power supply (PS). Low consumption (low value of compensation current in the measuring windings of the FS) was important for reducing (or eliminating) the effect of the interaction of the measuring channels on each other in the design of a three-component small-sized FS.

Analog voltage ($\pm 2 \text{ V}$) from the output of each of the three measuring channels (MC) of MMC (D, H and Z) enters the inputs of the ADC, which is located on the microcontroller board (MCB), where there are also microcontroller (MCC) circuits with a serial data channel interface (RS-232) and a power supply (PSU). From the output of the ADC, data from the MMC is received to the input of the MCC and then through the serial port RS-232 in digital form to the MM output. Through this RS-232 serial port, the MMC operating modes are also controlled from the outside and the incoming data correction is also carried out.

To control the spatial orientation of the FS, a three-component inclinometer is used, which is based on the ADIS16209 chip [3] and contains two devices

(two chips) for measuring angles of inclination. The choice of this chip for DI was due to its compactness, high measurement accuracy, unipolar PS and low power consumption, which is very important when installing DI near the sensors. The main advantage of this DI is the presence of built-in TS in it, which allows correction of the measured data of both DI and FS.

Inclinometers X, Y measure deviations in the horizontal plane, and inclinometer R measures the angle of inclination of the FS in the vertical plane. The DIs are rigidly fixed relative to the FS on the inclinometer board (IB) and removed from them at a distance of 55 mm (to exclude the effect on the FS results measurements), as shown in Fig. 1b. With the help of inclinometers (simultaneously and synchronously with the measurement of the components of the MIV), three angles of deviation of the FS measuring axes are controlled, and the accuracy of these measurements is $\pm 0,1^\circ$.

The outputs of all DI are connected to the MCC (see the diagram in Fig. 1a), to which the output of the digital TS (type LM35D), which has a plastic housing, is also connected. The TS consumes a current of no more than $60 \mu\text{A}$ and is installed near the FS, which allows you to control the temperature next to the FS with an accuracy of $0,1^\circ\text{C}$.

The proposed design of the MM involves two main options for its use, which are shown in Fig. 1b:

- when working in the conditions of the MO or a stationary observation point, the installation of MM on a non-magnetic pedestal equipped with three alignment

legs-screws for leveling the container with MMC in the horizontal plane is implemented;

- when working in the field, - the option of installing a container with MM in a hole dug in the ground, and located below ground level, is provided.

To ensure a favorable temperature regime of the FS, the entire MM scheme is placed in a non-magnetic housing, which is made of duralumin or plastic with dimensions of $\varnothing 150 \times 300$ mm. Inside the case there is an insulation insert made of foam plastic with a thickness of 20 mm (not shown in Fig. 1b), behind which there is a screen made of foil double-sided fiberglass (1 mm thick), which is also an electrostatic screen for FS. Inside this screen is fixed (soldered) heating element (HE), which is made on the basis of a small-sized ceramic self-regulating posistor heater (PH) type ST6-1B-1 [4]. The PN is powered by a voltage of direct or

alternating (exceeding by about an order of magnitude the FS frequency excitation) current from the PSU circuit. At the same time, temperature control is carried out by TS and regulated with the help of MCC. The peculiarity of PN is that when the Curie point (switching point) is reached, its internal resistance increases sharply and it goes into the mode of self-regulation of the current, that is, into the mode of economical operation, while maintaining the specified temperature of heating the surface.

THE FUNCTIONAL SCHEME

The functional diagram of the MVS (built on the basis of MM) is shown in Fig. 2. The MVS circuit includes: MM and measuring unit (MU), which are interconnected by a cable, for data exchange and control signals between the units according to the RS-232 standard at a distance of up to 25 m.

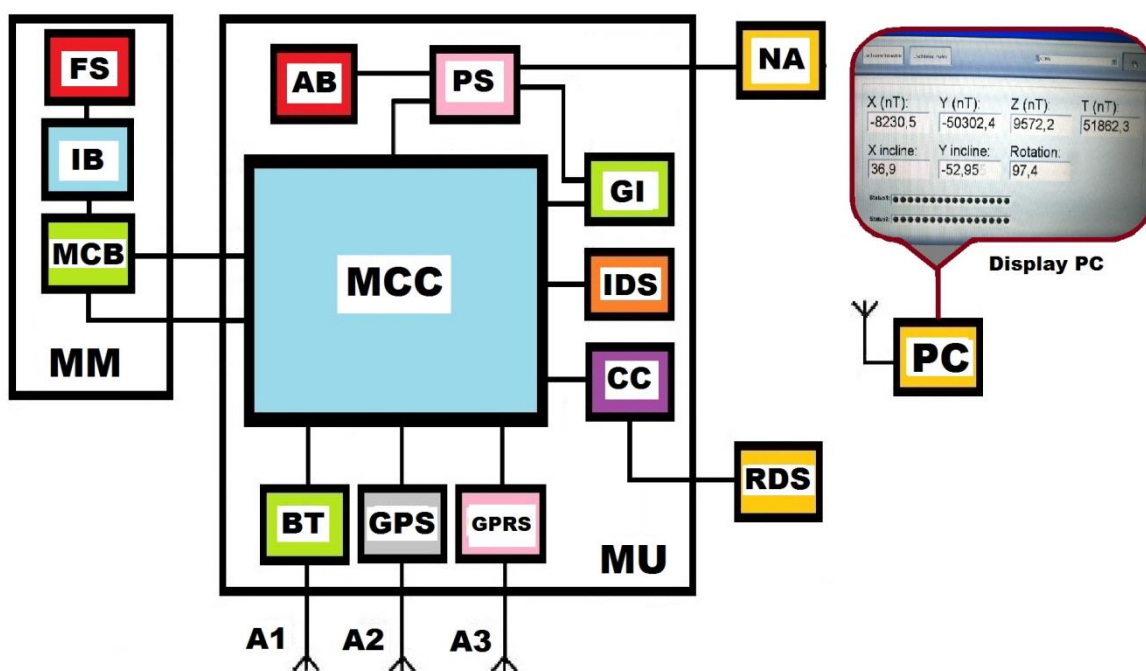


Fig.2. Functional scheme of MVS and general view of the MM and MU units included in it, as well as an example of recording the received data on the PC display during measurements of the components of IMI and inclinometers.

The structure of the information security includes the following functional nodes: MCC, control circuit (CC), graphic indicator (GI), battery (AB), power supply (PS), as well as a GPS receiver and Bluetooth (BT) and GPRS data transmission modules with antennas A2, A1 and A3, respectively. The GPS module is equipped with a temporary strobe upon exit. The Bluetooth module has data transmission range options: class 2 module – up to 30 m, class 1 module – up to 100 ... 200 m, and the module of the 1st class with a remote antenna - up to 300 ... 400 m. The design of the GSM module is made using a removable SIM-card.

The MU also includes a real-time clock (with non-volatile power) and buffer non-volatile memory (NVM) - an internal data storage (IDS) with a volume of 8 MB.

Before starting the work, the cycle of measurements of the MVS is installed programmatically using an external personal computer (PC) and special software. The general view of the data received by the MVS in digital form on the PC display is shown in Fig. 2. The software also allows you to obtain data in graphical form, to calculate and visualize the module (BT) according to the measured components of the MIV, as well as to correct the obtained magnetometric data on the basis of DI and built-in TS.

As an external removable digital file data storage (RDS), a drive on the NVM with a volume of up to 4 GB is used, which connects to the MU and allows you to accumulate the measured data in offline mode, without connecting a PC. MVS allows you to accumulate and store data in the process of work in the internal NVM, as well as transfer the accumulated data

through the existing GPRS and BT channels to a remote receiving point (PC).

The total consumption of the MM circuit (without HE) is not more than 20 mA, and the total consumption of the entire device in the data transmission mode through the communication channel is 250 mA. Power MVS can be carried out as from AB voltage of 7 ... 24 V, and from AC 220V (50 Hz) using a network adapter (NA) with a voltage of 12 V.

CONCLUSION

On the basis of MM, a new magnetometric device was created - fluxgate MVS, which allows for measurements and scientific research, both in the MO conditions and in the conditions of the expedition. At the same time, the use of DI allows you to set in the process of research FS arbitrarily, measure the components of the MIV and calculate its module (**B_r**).

The created MM on the basis of a three-component FS has sufficiently high accuracy characteristics and low power consumption, which allows it to be used as a universal element for many geophysical measuring systems. For example, the scheme and design of the MM was used in the development of marine magnetometers and gradientometers [5-7], as well as a search field device [8-10]. The results of full-scale tests of these devices in the process of conducting scientific expeditions and prospecting operations showed satisfactory results.

LITERATURE

1. Lyubimov V.V., Zverev A.S., Sumenko K.G. Ferrosonde search towed magnetometer-gradientometer: development experience // Eurasian Scientific Association. M., 2019. No.1 (47). S.416-420.

2. Magnetic Field Sensor FLC3-70. Stefan Mayer Instruments GmbH & Co. KG, Wallstr. 7 D-46535 Dinslaken, Germany. (<http://www.stefan-mayer.com>)

3. Analog Devices. High Accuracy, Dual-Axis Digital Inclinometer and Accelerometer Data Sheet ADIS16209 (<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADIS16209.pdf>)

4. Lyubimov V.V. To the question of improving the accuracy of magnetic field measurements: Experience of thermostating magnetometer sensors // Prydneprovskiy scientific bulletin / Geophysics. G. Dnepr: Nauka i okrazovats', 2017. Volume 3. No.4. S.84-93.

5. Zverev A.S., Lyubimov V.V. Marine component gradientometer // Eurasian Union of Scientists (ECY). M., 2019. No.10 (67) 5 part. S.4-7.

6. Zverev A.S., Lyubimov V.V. Gradientometer for hydromagnetic surveying // Sensors and systems. M.: «SENSIDAT-PLUS», 2019. No.12 (242). S.46-50.

7. Lyubimov V.V. Marine gradientometer based on one towed gondola // Devices. M., 2020. No.2 (236). S.39-43.

8. Lyubimov V.V. "Ferrosonde rake" - a device for searching for magnetic objects and geomagnetic researches // Eurasian Scientific Association. M., 2020. No.7 (65). S.120-123.

9. Lyubimov V.V. Gradientometers for the search of local ferromagnetic objects // Eurasian Union of Scientists (ESU). M., 2020. No.12 (81) 2 part. S.38-44.

10. Lyubimov V.V. Component magnetometer-gradientometer // Devices. M., 2021. No.4 (250). S.17-21.

УДК 004.457

Pushkar A.S.

2nd year master's student

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

DEVELOPMENT OF DIRECT3D 12 GRAPHICS API BINDINGS LIBRARY FOR RUST

Пушкар А. С.

агистрант 2-го курса

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ ПРИВЯЗОК К ГРАФИЧЕСКОМУ ПРОГРАММНОМУ ИНТЕРФЕЙСУ DIRECT3D 12 ДЛЯ ЯЗЫКА RUST

Summary: Nowadays C++ and, to a lesser extent, C programming languages vastly dominate the area of graphics programming. As a result, modern graphics APIs are tailored for interacting with these languages only, which makes development in other programming languages difficult or impossible. The article examines the development of Direct3D 12 API bindings for Rust, highlights the main issues this project aims to resolve, evaluates the approaches to building more idiomatic APIs, and provides library usage examples.

Аннотация: На сегодняшний день доминирующими языками в сфере программирования графики являются C++ и, в значительно меньшей мере, C. Следствием этого является направленность современных графических программных интерфейсов на использование совместно именно с этими языками. Это создаёт затруднения для проектов в данной области, использующих другие языки программирования. В статье рассматривается разработка библиотеки привязок к графическому программному интерфейсу

Direct3D 12 для языка Rust, описываются решаемые данным проектом проблемы, подходы к построению более идиоматичных интерфейсов, а также приводятся примеры его работы.

Key words: Direct3D 12, Rust, graphics APIs

Ключевые слова: Direct3D 12, Rust, графические программные интерфейсы

Введение. Несмотря на то, что для Rust уже существовали проекты привязок для графического API Direct3D 12, например [1][2], все рассмотренные пакеты были недостаточно полными с точки зрения покрытия API, заброшенными или предоставляли недостаточно идиоматичные программные интерфейсы. Учитывая это, а также для полного контроля над кодом одной из важнейших зависимостей, то есть возможности реализовывать в первую очередь необходимую именно на данный момент функциональность, а также поддерживать последние обновления API, например DXR или D3D12 Agility SDK, была разработана собственная библиотека привязок.

Основным инструментом для построения библиотеки является проект с открытым

производным кодом [3], разработанный сотрудниками Mozilla Corporation в соавторстве с сообществом, позволяющим автоматически генерировать обертки файлов заголовков C и определенных форм C++. Поскольку поддержка последнего языка является неполной и несколько усложнена, было решено пользоваться вариантом API D3D12, предназначенным для использования с C, таким образом, во время сборки библиотеки автоматически генерируются привязки, а сам код библиотеки является идиоматическими обертками над сгенерированным кодом, который достаточно трудно использовать напрямую.

Организация файлов библиотеки.

Структуру основных каталогов и файлов библиотеки можно описать с помощью следующей диаграммы:

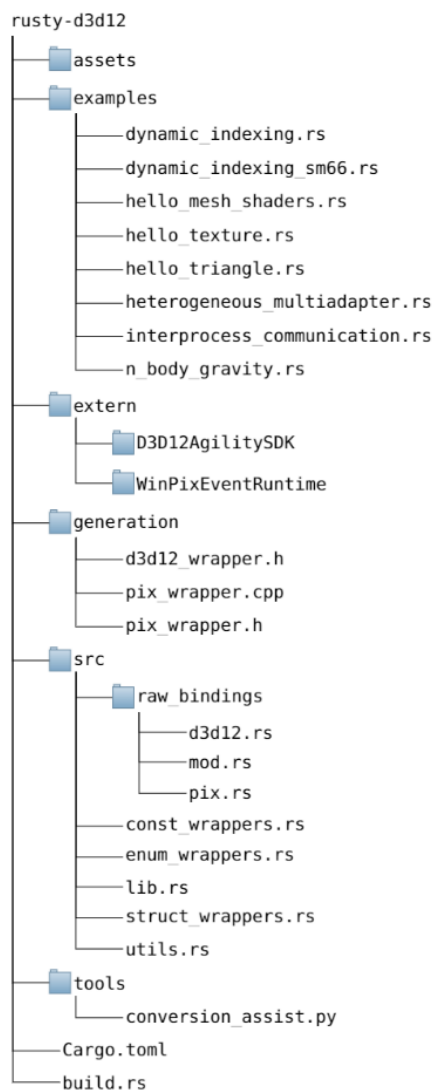


Рис. 1. Структура файлов и каталогов библиотеки

Каталог *assets* содержит объекты, библиотеки, в том числе модель Стэнфордского дракона [4] и шейдеры, а в каталоге *examples* –

исходные коды этих примеров. В каталоге *extern* сохраняются внешние зависимости проекта, которые не распространяются с помощью менеджера пакетов Cargo, а именно Microsoft Agility и библиотеку для поддержки графического отладчика Pix on Windows.

Главным каталогом библиотеки является *src*, в котором находится большая часть ее кода:

- в подкаталоге *raw_bindings* находятся регенерируемые привязки, что позволяет не запускать *rust-bindgen* каждый раз при сборке библиотеки, если в этом нет надобности, и таким образом увеличить скорость ее компиляции; обновление этих файлов имеет смысл при обновлении версии Agility SDK, распространяемой с библиотекой, из-за появления новых API,
- файл *lib.rs* является входной точкой библиотеки и содержит обертки над необходимыми COM-интерфейсами D3D12,
- файл *struct_wrappers.rs* содержит обертки над POD-типами D3D12, которые предоставляют более идиоматический с точки зрения системы типов доступ к их полям,
- файл *enum_wrappers.rs* содержит обертки над нумерациями и битовыми масками, используемыми в D3D12,
- в файле *const_wrappers.rs* находятся ре-экспортированные из файла «сырых» привязок и переименованные константы,
- и, наконец, файл *utils.rs* содержит необходимые для работы библиотеки утилиты, такие как тип *Bytes* и функции для компиляции шейдеров.

Далее описаны основные составляющие разработанной библиотеки, а также ее особенности и возможности.

Сборочный скрипт. Одной из важнейших функций, которые предоставляет менеджер пакетов Cargo, является поддержка сборочных скриптов – вспомогательных программ на Rust, которые выполняются во время сборки пакета и позволяют выполнять произвольное конфигурирование сборочного окружения, копировать необходимые файлы, компилировать написанные на C/C++ зависимости проекта и т.п. Разработанная библиотека использует эту функцию Cargo для реализации двух различных режимов сборки, переключение между которыми осуществляется с помощью свойств проекта (*Cargo features*). По умолчанию при сборке библиотеки используются распространяемые вместе с ней регенерированные исходные файлы с автоматически созданными привязками к заголовочным файлам D3D12, DXGI и PIX, что позволяет уменьшить время сборки и избавиться от зависимости от библиотек LLVM, которые необходимы для генерации привязок. При необходимости же обновления упомянутых заголовочных файлов с помощью свойства *devel* может быть активирован альтернативный режим сборки, при котором выполняется функция *generate_bindings()* сборочного скрипта. Эта

функция применяет некоторые изменения к заголовочному файлу *d3d12.h*, которые необходимы для исправления несоответствия между прототипами некоторых функций D3D12 (например, *GetCPUDescriptorHandleForHeapStart*) и их реализаций в библиотеке *d3d12.dll*, которые могут приводить к аварийному завершению программ, использующих библиотеку. После этого для набора необходимых заголовочных файлов запускается генератор привязок *rust-bindgen*, который создает обновленные версии файлов *d3d12.rs* и *pix.rs*, которые в дальнейшем используются в работе библиотеки. Кроме того, сборочный скрипт выполняет такие функции, как копирование необходимых для работы примеров внешних библиотек в сборочный каталог и передача компилятору *rustc* дополнительных флагов линковки, которые позволяют экспортировать необходимые для использования D3D12 Agility SDK символы.

Обертки над COM-интерфейсами. Основой графического API D3D12 является компонентная объектная модель Win32 (далее COM, Component Object Model) [5]. В случае работы с данной моделью на языке C++ ее использование не вызывает затруднений благодаря тому, что COM-интерфейсы реализованы как классы C++ и их методы могут быть вызваны напрямую как обычные методы объектов C++, а также наличие вспомогательных библиотек, таких как Windows Runtime C++ Template Library (WRL), которая представляет облегчающие работу с COM типы, например, «умный указатель» *ComPtr*, который позволяет использовать идиому RAII (Resource Acquisition is Initialization) для автоматического управления количеством ссылок на используемые COM-объекты и, как следствие, их временем жизни. Использование C-интерфейсов же несколько затруднено по сравнению с C++ ввиду отсутствия в языке C классов и наследования, поэтому заголовочные файлы D3D12 предоставляют типы COM в виде структур с соответствующими именами, которые не имеют методов, но имеют единственное поле вспомогательного типа (которые назван аналогично оригинальному интерфейсу с приставкой *Vtbl*), которое является явным представлением указателя на таблицу виртуальных функций C++. Соответственно, методы каждого из COM-интерфейсов реализованы не на изначальной структуре, а на упомянутом типе, что приводит к необходимости написания излишнего кода для доступа к необходимым методам.

Поскольку привязки для Rust реализованы на основе C-интерфейса, они также подвержены этой проблеме. Для ее решения и повышения удобства использования COM-интерфейсов, а также предоставления возможности отладки проблем, связанных с временем жизни COM-объектов (в частности, их преждевременным разрушением), в библиотеке были реализованы макросы, автоматически извлекающие требуемый метод и

вызывающие его с переданными аргументами прозрачно для пользователя. Реализация одного из этих макросов приведена на скриншоте:

```
macro_rules! dx_call {
    ($object_ptr:expr, $method_name:ident, $($args:expr),*) => {{
        let vtbl = (*$object_ptr).lpVtbl;
        let raw_func = (*vtbl).$method_name.unwrap();
        raw_func($object_ptr, $($args),*)
    }};
    ($fn_name:ident $args:tt) => {$fn_name $args;}
}
```

Рис. 2. Исходный код макроса для облегчения извлечения методов API из объектов, предоставляемых C-интерфейсом

Необходимость в нескольких макросах обусловлена тем, что некоторые функции D3D12 возвращают код ошибки, а некоторые – нет, поэтому для идиоматичной работы с первым классом функций макрос должен возвращать реализованный в библиотеке тип ошибки *DxResult*, который позволяет использовать доступную в Rust с помощью оператора `?` идиому раннего выхода из функции при ошибке.

Дополнительная функциональность, которую предоставляют разработанные макросы, является аналогичной «умному указателю» *ComPtr* из библиотеки WRL и позволяет автоматически управлять количеством ссылок на COM-объект с помощью реализации черт (*trait*) *Clone* и *Drop* – при копировании объекта с помощью метода *clone()* вызывается COM-функция *AddRef()*, увеличивающая количество ссылок на единицу, а при разрушении объекта счетчик ссылок уменьшается с помощью вызова комплементарной ей функции *Release()*.

Кроме того, как было упомянуто выше, данные макросы позволяют логировать текущее количество ссылок на COM-объект при включенном свойстве проекта *log_ref_counting*, что облегчает отладку аварийных завершений программы из-за ошибочного освобождения объектов. Данное свойство отключено по умолчанию средствами условной компиляции для избежания засорения логов приложения и ухудшения его производительности.

Обертки над POD-структурами. Другой категорией типов, предоставляемых D3D12, являются *plain old data* (POD) структуры, например, *D3D12_GRAPHICS_PIPELINE_STATE_DESC*. С точки зрения Rust, прямое их использование не является оптимальным, как минимум, с двух точек зрения – во-первых, их поля зачастую не являются типобезопасными и соответственно, могут быть спутаны при разработке приложений, а во-вторых, иногда являются указателями, и при некорректной работе с ними могут приводить к аварийному завершению программы. Обе эти проблемы были решены в разработанной библиотеке. Для

обеспечения типобезопасности доступ к полям обернутых структур осуществляется с помощью *get/set* методов, которые осуществляют конвертацию между Rust-типами (например, эnumерациями) и оригинальными типами, которые зачастую являются синонимами (*alias*) типа *i32*. Проблема «висячих указателей» решена с помощью механизма лайфтаймов Rust – обертки над типами, которые содержат в себе указатели, содержат в себе дополнительные поля типа *PhantomData*, который имеет нулевой размер и не влияет на сгенерированный компилятором код, но может быть параметризован ссылочным типом, связанным с типом, указатель на который содержится во внутреннем типе. Таким образом, компилятор Rust сможет статически гарантировать, что указатель внутри структуры не может иметь более длительный период существования, чем данные, на которые он ссылается. Важным моментом является то, что обертки над данными типами остались бинарно совместимыми с оригинальными типами D3D12 благодаря повсеместному использованию атрибута `#[repr(transparent)]`.

Обертки над эnumерациями и битовыми флагами. Помимо COM-интерфейсов и POD-структур, частью интерфейса D3D12 являются эnumерации (*enums*) – например, *D3D12_COMMAND_LIST_TYPE*, и битовые флаги (например, *D3D12_RESOURCE_STATES*). В оригинальной версии API они представлены в виде C-эnumераций и следовательно, не являются типобезопасными, что может приводить к ошибкам при разработке. Для решения этой проблемы в библиотеке данные типы были обернуты в Rust-эnumерации, которые являются не только типобезопасными, но и гарантированно исчерпывающими (*exhaustive*) и битовые флаги (с помощью библиотеки *bitflags*), соответственно.

Вспомогательный скрипт для конвертации «сырых» API. Сгенерированный с помощью *rust-bindgen* файл с типами D3D12 на данный момент содержит около 25 тысяч строк, поэтому без автоматизации процесса создания оберток обеспечение полного покрытия API является

затруднительным. С другой стороны, полностью автоматизировать этот процесс также невозможно, поскольку для упрощения работы с API при разработке библиотеки применялись незначительные, но тем не менее нетривиальные изменения, например, хранение размера указателя на дескриптор внутри самого объекта дескриптора, что позволяет свести получение новых дескрипторов к вызову одного метода *advance()*, аргументом которого является количество дескрипторов, на которое нужно сместить указатель.

В качестве простого компромисса был разработан вспомогательный скрипт на Python (файл *conversion_assist.py*), который принимает на вход часть файла с «сырыми» привязками *d3d12.rs*, а именно – описание эnumерации, набора битовых флагов или POD-структуры, разбирает полученный код с помощью регулярных выражений и выводит описание конвертированных типов. Описания перечислений и битовых флагов, которые генерируются скриптом, можно использовать в библиотеке напрямую без изменений, но процесс конвертации структур по причинам, упомянутым выше, является полуавтоматическим, поскольку зачастую сгенерированные описания требуют частичного ручного редактирования (например, замены встроенных типов на созданные ранее обернутые типы или явного указания лайфтаймов).

Agility SDK. До определенного периода компоненты ОС, предоставляющие графическое API Direct3D, распространялись как часть ОС Windows и, соответственно, обновлялись синхронно с ней. Это представляло собой некоторую проблему, а именно – использование новой функциональности разработчиками приложений было затруднено сегментацией пользовательской базы, поскольку у значительной части пользователей отсутствовали необходимые обновления. Для решения этой проблемы компания Microsoft изменила подход к распространению библиотек D3D12: теперь системная библиотека *d3d12.dll* является тонкой оберткой над предоставляемым API, а основная часть функциональности среды выполнения вынесена в отдельную библиотеку *d3d12core.dll*, которая является частью DirectX12 Agility SDK [6], предлагается к распространению разработчиками приложений и может обновляться согласно потребностям последних.

Поскольку для использования наиболее современных компонентов API использование этого SDK является обязательным, оно было интегрировано в разработанную библиотеку. Для этого, как было упомянуто выше, сборочный скрипт указывает линкеру на файл с определением таблицы экспорта *agility.def*, копирует необходимые для работы примеры библиотеки в сборочный каталог, а сами примеры экспортируют символы *D3D12SDKVersion* и *D3D12SDKPath*, что позволяет указать на версию SDK, на которую рассчитано приложение, а также путь к нему. Одна

из основных возможностей, которые предоставила интеграция Agility SDK в библиотеку, состоит в использовании прямой индексации куч дескрипторов из шейдеров, которая стала доступна с шейдерной моделью версии 6.6.

Средства для отладки. Поскольку современные графические ускорители работают асинхронно относительно центрального процессора, имеют другую модель исполнения программ, а их использование более абстрагировано за счет графических API, отладка использующих их программ представляет собой более сложную задачу, чем отладка «традиционных» программ. Среди инструментов, которые упрощают отладку приложений, которые используют графическое API D3D12 и включены в состав данной библиотеки, стоит отметить уже упомянутые выше макросы для логирования счетчиков ссылок на COM-объекты, а также API для включения автоматического именования объектов API, валидации использования API со стороны графического процессора, использование отладочной функции обратного вызова (*debug callback*), которая позволяет интегрировать диагностические сообщения среды времени выполнения D3D12 в общую систему логирования приложения, а также поддержку графического отладчика PIX on Windows.

Одна из основных возможностей, которые предоставляются последним – это перехват вызовов графического API, которые совершает приложение, и их последующее воспроизведение внутри самого отладчика, что позволяет захватить конкретный кадр, в котором присутствуют графические артефакты или иные проблемы, и подробно изучить состояние используемых в нем ресурсов, аргументы совершенных вызовов, отладить конкретный вызов шейдера и т.п. Сам по себе этот отладчик может использоваться и без специальной поддержки со стороны приложения, но навигация среди сотен или даже тысяч вызовов API внутри одного кадра может составлять серьезную проблему, затрудняющую отладку. Решением этой проблемы является использование специального API, предоставляемого PIX в отдельных от D3D12 заголовочных файлах, которое позволяет пометить регионы выполняемой на графическом процессоре работы пользовательскими маркерами, а также начинать и останавливать запись вызовов в определяемый самим приложением момент (что является необходимым, если, например, приложение отображает результаты своей работы во внеэкранный буфер). Интеграция этого API в библиотеку составила некоторые затруднения, поскольку оно не имеет совместимого с C варианта, а реализовано на C++ таким образом, что генерация автоматических привязок с помощью *rust-bindgen* является невозможной. Это привело к необходимости ввести дополнительный слой абстракции и обернуть C++ API PIX в набор отдельных функций, помеченных как *extern "C"* и,

соответственно, пригодных к использованию из Rust. Как было упомянуто выше, генерация Rust-привязок (а также компиляция C-обертки с помощью библиотеки *cc*) происходит в сборочном скрипте при включенной опции *devel*, а для поддержки варианта сборки по умолчанию они распространяются вместе с проектом в виде исходного файла со сгенерированными заранее функциями и статической библиотеки со скомпилированным слоем абстракции.

Примеры работы библиотеки. Для обеспечения достаточно полного покрытия D3D12 API, демонстрации соответствия между предоставляемыми библиотекой и оригинальными API, а также верификации корректности ее работы был разработан набор демонстрационных примеров. Наиболее полным из них является программа *HeterogeneousMultiadapter* (см. рис. 3). Она демонстрирует использование для рендеринга двух графических процессоров одновременно (один из них или оба могут при этом быть как

физическими, так и виртуальными WARP-адаптерами): один из адаптеров объявляется «основным» и применяет эффект размытия к треугольникам, которые генерируются с помощью первого адаптера, а также отображает результат рендеринга на экране. Коммуникация между адаптерами при этом осуществляется с помощью разделенных куч (*shared heaps*), в которые копируются промежуточные результаты рендеринга. Помимо этого, в данном примере также демонстрируется работа с API для профилирования рендеринга на графическом адаптере: нагрузка на вторичный адаптер может меняться динамически в зависимости от времени выполнения им работы. Данный пример наиболее точно соответствует одному из официальных примеров, предоставляемых Microsoft для ознакомления с D3D12 [7], поэтому является наиболее удобным для первичного ознакомления с библиотекой.

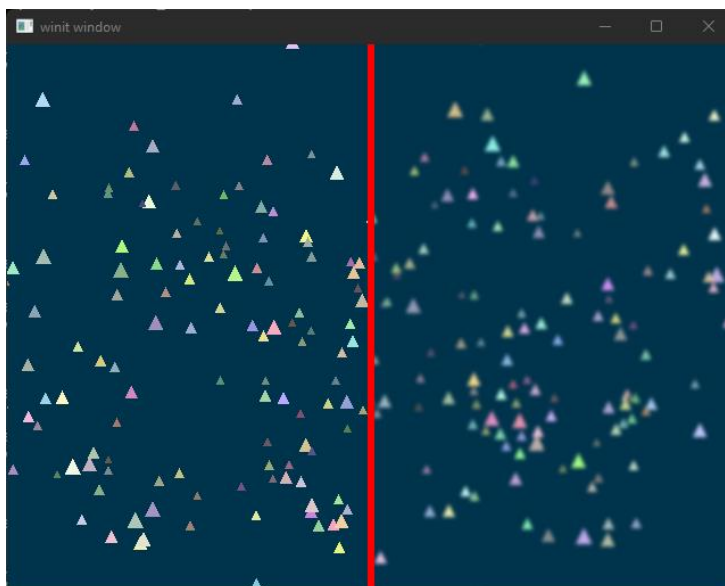


Рис. 3. Скриншот работы примера “*Heterogeneous Multiadapter*”, использующего для рендеринга два графических адаптера одновременно

Заключение. В статье была рассмотрена библиотека привязок к графическому API D3D12, которая позволяет использовать его в программах, написанных на языке Rust. Была описана файловая структура библиотеки, рассмотрены режимы ее работы, а также особенности и предоставляемые возможности. Кроме того, были упомянуты существующие средства отладки программ, использующих графические процессоры с помощью D3D12, сценарии их использования совместно с данной библиотекой, а также приведен пример ее использования, который позволяет сравнить предоставляемые ей интерфейсы с оригинальными.

Список литературы:

1. d3d12-rs / crates.io: Rust Package Registry. URL: <https://crates.io/crates/d3d12>
2. winapi / crates.io: Rust Package Registry. URL: <https://crates.io/crates/winapi>
3. rust-bindgen / Github. URL: <https://github.com/rust-lang/rust-bindgen>
4. Dragon / The Stanford 3D Scanning Repository. URL: <http://graphics.stanford.edu/data/3Dscanrep/>
5. The Component Object Model / Windows App Development. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/win32/com/the-component-object-model>
6. Getting Started with the Agility SDK / DirectX Developer Blog. URL: <https://devblogs.microsoft.com/directx/gettingstarted-dx12agility/>
7. DirectX-Graphics-Samples / Github. URL: <https://github.com/microsoft/directx-graphics-samples>

#10(74), 2021 часть 2
Восточно Европейский научный журнал
(Санкт-Петербург, Россия)
Журнал зарегистрирован и издается в России
В журнале публикуются статьи по всем
научным направлениям.
Журнал издается на русском, английском и
польском языках.

Статьи принимаются до 30 числа каждого
месяца.

Периодичность: 12 номеров в год.

Формат - А4, цветная печать

Все статьи рецензируются

Бесплатный доступ к электронной версии
журнала.

Редакционная коллегия

Главный редактор - Адам Барчук

Миколай Вишневецки

Шимон Анджеевский

Доминик Маковски

Павел Левандовски

Ученый совет

Адам Новицки (Варшавский университет)

Михал Адамчик (Институт
международных отношений)

Питер Коэн (Принстонский университет)

Матеуш Яблоньски (Краковский
технологический университет имени
Тадеуша Костюшко)

Петр Михалак (Варшавский университет)

Ежи Чарнецкий (Ягеллонский университет)

Колуб Френнен (Тюбингенский
университет)

Бартош Высоцкий (Институт
международных отношений)

Патрик О'Коннелл (Париж IV Сорбонна)

Мацей Качмарчик (Варшавский
университет)

#10(74), 2021 part 2
Eastern European Scientific Journal
(St. Petersburg, Russia)
The journal is registered and published in Russia
The journal publishes articles on all scientific
areas.
The journal is published in Russian, English
and Polish.

Articles are accepted till the 30th day of each
month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor-in-chief - Adam Barczuk

Mikolaj Wisniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Pawel Lewandowski

Scientific council

Adam Nowicki (University of Warsaw)

Michal Adamczyk (Institute of International
Relations)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jablonski (Tadeusz Kosciuszko
Cracow University of Technology)

Piotr Michalak (University of Warsaw)

Jerzy Czarnecki (Jagiellonian University)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Institute of International
Relations)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (University of Warsaw)

Давид Ковалик (Краковский технологический университет им. Тадеуша Костюшко)

Питер Кларквуд (Университетский колледж Лондона)

Игорь Дзедзич (Польская академия наук)

Александр Клиmek (Польская академия наук)

Александр Роговский (Ягеллонский университет)

Кехан Шрайнер (Еврейский университет)

Бартош Мазуркевич (Краковский технологический университет им. Тадеуша Костюшко)

Энтони Маверик (Университет Бар-Илан)

Миколай Жуковский (Варшавский университет)

Матеуш Маршалек (Ягеллонский университет)

Шимон Матысяк (Польская академия наук)

Михал Невядомский (Институт международных отношений)

Главный редактор - Адам Барчук

1000 экземпляров.

Отпечатано в ООО «Логика+»

198320, Санкт-Петербург,

Город Красное Село,

ул. Геологическая,

д. 44, к. 1, литера А

«Восточно Европейский Научный Журнал»

Электронная почта: info@eesa-journal.com,

<https://eesa-journal.com/>

Dawid Kowalik (Kracow University of Technology named Tadeusz Kościuszko)

Peter Clarkwood (University College London)

Igor Dzedzic (Polish Academy of Sciences)

Alexander Klimek (Polish Academy of Sciences)

Alexander Rogowski (Jagiellonian University)

Kehan Schreiner (Hebrew University)

Bartosz Mazurkiewicz (Tadeusz Kościuszko Cracow University of Technology)

Anthony Maverick (Bar-Ilan University)

Mikołaj Żukowski (University of Warsaw)

Mateusz Marszałek (Jagiellonian University)

Szymon Matysiak (Polish Academy of Sciences)

Michał Niewiadomski (Institute of International Relations)

Editor in chief - Adam Barczuk

1000 copies.

Printed by Logika + LLC

198320, Region: St. Petersburg,

Locality: Krasnoe Selo Town,

Geologicheskaya 44 Street,

Building 1, Litera A

"East European Scientific Journal"

Email: info@eesa-journal.com,

<https://eesa-journal.com/>