

## ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ В ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ ЕНЕРГЕТИКІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Розглянуті комп'ютерні тренажери з експлуатації устаткування хімічного водоочищення, промислово-опалювальної котельні, енергоблоку ТЕС. Показана методика застосування тренажерів на лабораторних заняттях з теплотехнічних дисциплін.*

**Ключові слова:** дистанційне навчання, лабораторні заняття, комп'ютерні тренажери, аварійні ситуації, гендерний фактор.

### *Abstract*

*Computer simulators for the operation of chemical water treatment equipment, industrial heating boiler, TPP power unit are considered. The method of application of simulators in laboratory classes in heat engineering disciplines is shown.*

**Keywords:** distance learning, laboratory classes, computer simulators, emergency situations, gender factor.

### Вступ

Розробка та проведення лабораторних занять при дистанційному навчанні є достатньо складною задачею. Одним із шляхів її розв'язку є створення та використання комп'ютерних тренажерів. При вивченні експлуатаційних режимів роботи обладнання котельень та ТЕС такий підхід має суттєву перевагу перед іншими.

### Основна частина

Лабораторні заняття виконуються на комп'ютерних тренажерах. Тренажери створені за методом ПМаш-ВНТУ. В ньому метод Інституту проблем машинобудування НАНУ моделювання статичних режимів роботи принципів теплових схем ТЕС розвинений в напрямку моделювання динаміки процесів в розгорнутих теплових схемах ТЕС та котельень. [1, 2]. Створені тренажери блока 300 МВт ТЕС, пуско-налагоджувальної (промислово-опалювальної) котельні з котлом ДКВР-10 в складі блока 300 МВт ТЕС, тренажери агрегатів цеху хімічного водопостачання ТЕС.

Управління блоком теплової електростанції (ТЕС) виконується бригадою операторів з блочного щита управління (БЩУ) та з місцевих щитів управління. БЩУ складається з панелей, на які виводяться мнемосхеми блока та агрегатів із зазначенням положень органів регулювання. На БЩУ також розташовані прилади, технологічна та аварійна сигналізація. Завданням операторів є забезпечення зазначених в технологічних картах параметрів технологічних процесів. Зміна положень регулюючих електрофікованих засувок та клапанів виконується ключами з фіксуючими кнопками. За допомогою блоків вибіркового управління (БВУ) одним ключем можна відкривати та закривати декілька десятків засувок та клапанів. Вибір необхідного органу управління виконується натисканням на відповідну комбінацію клавіш БВУ. Аналогічно БВУ влаштовані блоки вибіркового контролю (БВК), які виводять на невелику кількість показуючих приладів показання сотень датчиків. Фрагмент зображення БЩУ на екрані комп'ютерного тренажера для операторів енергоблоку наведений на рис. 1.

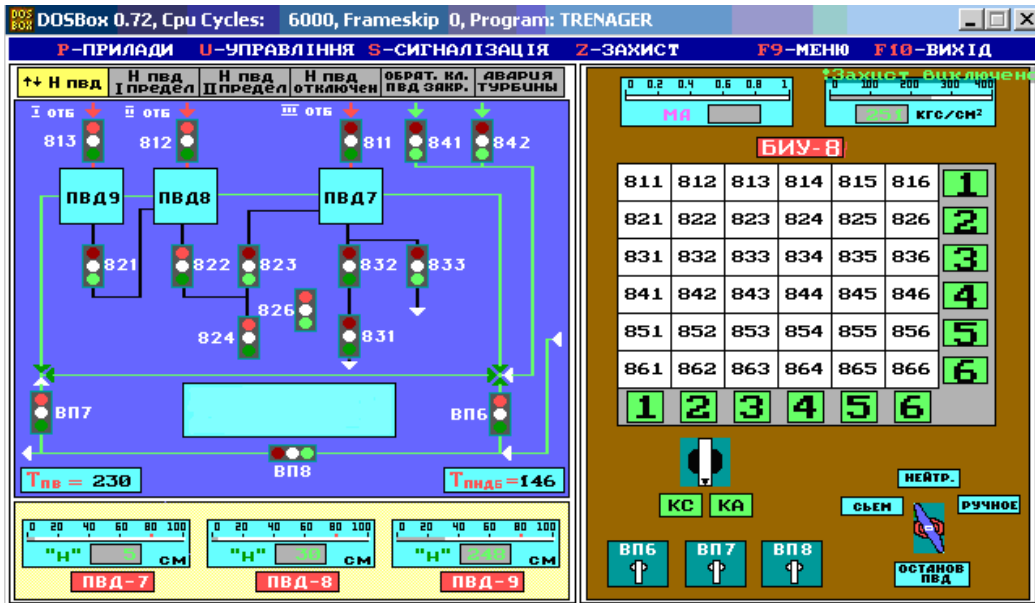


Рис. 1. Мнемосхема групи підігрівників високого тиску (ПВТ) та блока вибіркового управління ПВД БИУ-8

Фрагмент відображує блок вибіркового управління групою підігрівників високого тиску (ПВТ) живильної води. Для наближення управління комп'ютерним тренажером до реального управління агрегатами ТЕС розроблена панель сенсорного вводу інформації. Панель сенсорного вводу інформації дозволяє імітувати натискання на кнопки і повернення ключів управління агрегатами оператором ТЕС торканням до відповідних зображень на екрані комп'ютерного тренажера [3]. Тренажер енергоблоку містить 50 зображень з мнемосхемами агрегатів, приладами, табло сигналізації. Також він містить 1200 імітаторів засувок, ключів, кнопок, регуляторів, клапанів, шиберів, направляючих апаратів. Їх імена зведені в таблицю, з якої вибирають необхідний орган регулювання.

Результатом роботи агрегатів хімічного водоочищення є заповнення баків запасу знесоленого конденсату. Сира вода береться з водосховища та в підігрівниках сирової води підігрівається паром з загальностанційного колектора. На тренажерах хімічного водоочищення виконуються пуски та експлуатаційні режими роботи наступних агрегатів. Освітлювач. На-катіонітний фільтр. Механічні фільтри. Н-катіонітні фільтри першого (I) східця. Аніонітові фільтри першого (I) східця. Н-катіонітні фільтри другого (II) східця. ОН-аніонітні фільтри другого (II) східця. Фільтри змішаної дії (ФЗД). Як приклад на рис. 2 наведена схема На-катіонітного фільтра [4].

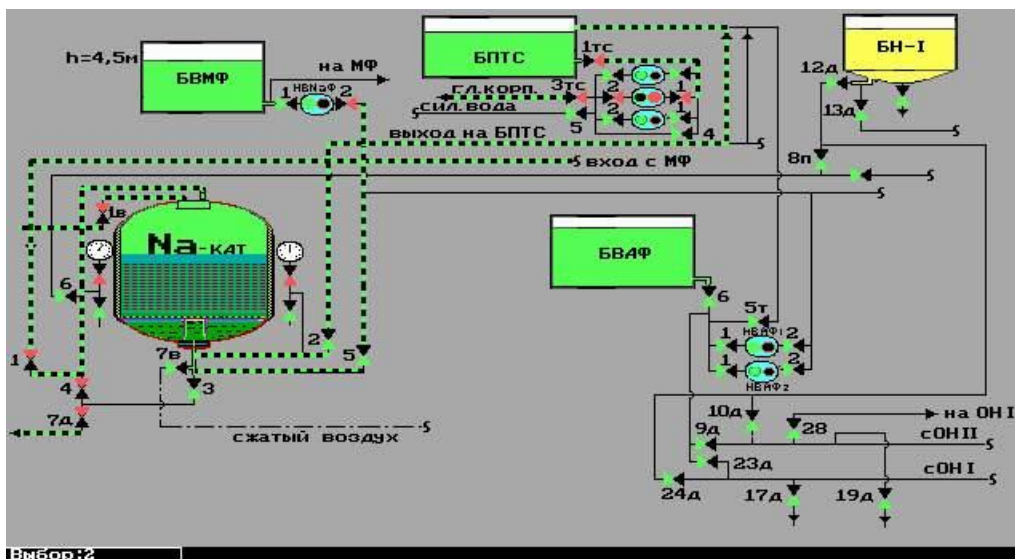


Рис. 2. Схема На-катіонітного фільтра

Порядок пуску фільтра: відкрити засувки 1, 2; відкрити 1В, видалити повітря; закрити 1В; засувкою 1 встановити витрату води 30 - 60 т/год; тиск води на вході повинен бути 6 кгс/см<sup>2</sup>. В обслуговування фільтра входить: контроль за режимом роботи, розпушування, регенерація, відмивка. Регенерація виконується від бака БН № 1; від ОН I східця; сумісна від ОН II східця та ОН I східця. Розпушування та відмивка фільтра виконуються при збільшенні перепаду тиску на фільтрі понад 2,5 кгс/см<sup>2</sup>.

Пуско-налагоджувальна котельня призначена для забезпечення будівельників ТЕС тепловою енергією та парою, яка необхідна при пуску першого енергоблоку. Енергоблоку потрібен вакуум в конденсаторі. Шляхам надходженню в конденсатор повітря перешкоджає пара з тиском більшим за атмосферний. На тренажері пуско-налагоджувальної (промислово-опалювальної) котельні виконуються наступні лабораторні роботи. Пуск двобарабанного вертикально-водотрубного котла ДКВР на газовому паливі. Включення теплофікаційної установки та підігрівників сирої води. Складання теплового балансу котельного агрегату. Пуск устаткування мазутонасосної станції та переведення котла на спалення мазуту. Аварійний режим котла.

На рис. 3 наведена мнемосхема котла ДКВР з виведеними на неї значеннями параметрів димових газів та тисків газу перед пальниками [4].

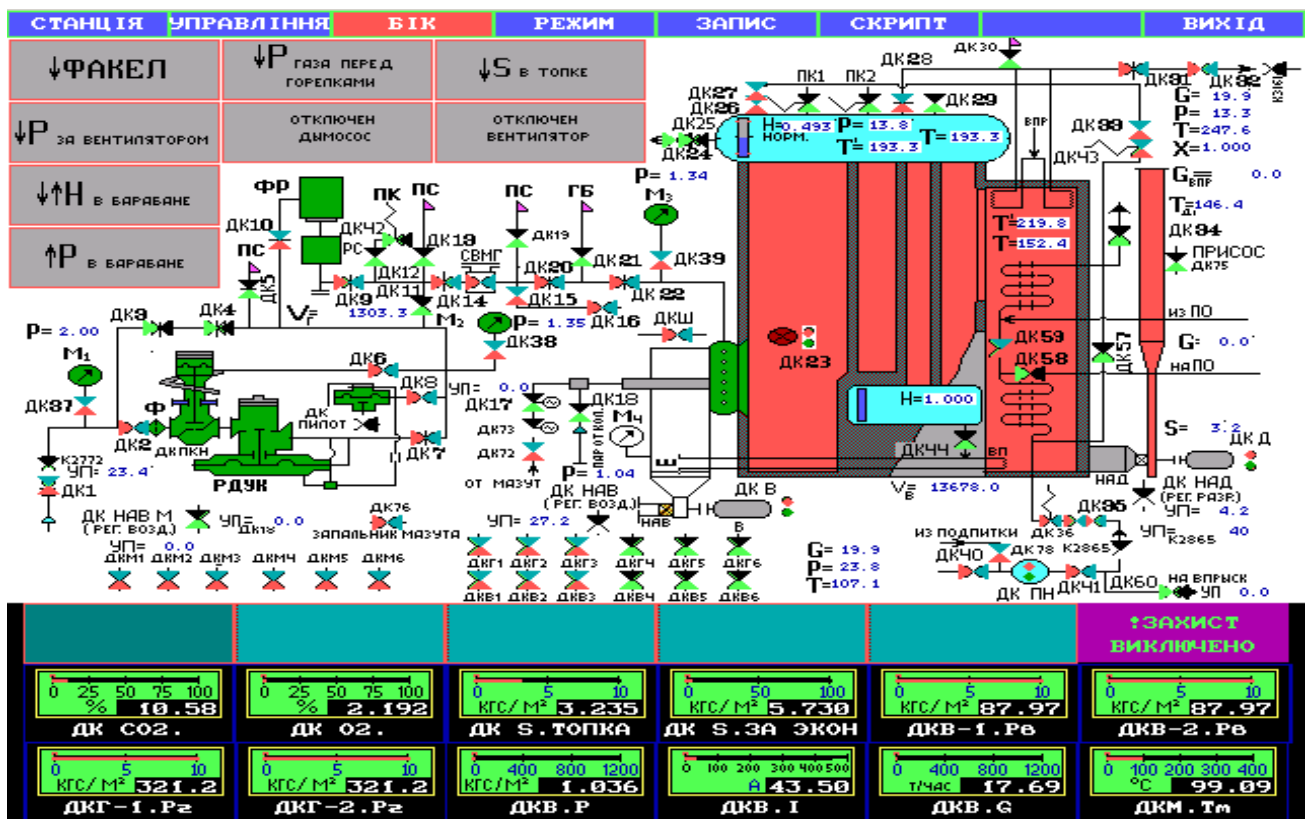


Рис. 3. Мнемосхема котла ДКВР з виведеними на неї значеннями параметрів димових газів та тисків повітря та газу перед пальниками

Імітація аварійної ситуації з котлом відбувається таким чином. Попередньо відключаються всі захисти котла, включаються всі пальники і закривається головна парова засувка. На занятті звертається увага студента на стрімке зростання тиску в барабані котла. Студента попереджують, що при помилкових діях або бездіяльності котел вибухне через дві хвилини і починається зворотний відлік часу. При подальшому підвищенні тиску понад граничний на екран виводиться зображення котла, що вибухнув, і подається звуковий сигнал (рис. 4).

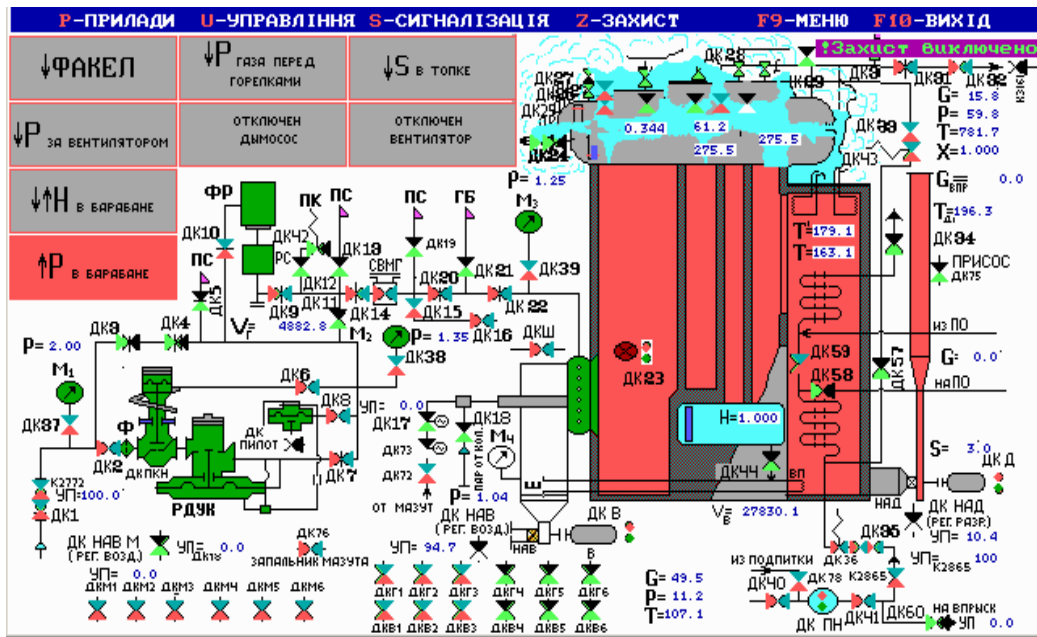


Рис. 4. Зображення котла, що вибухнув

На тренажері енергоблоку виконуються етапи пуску блока з холодного стану. Це опробування дистанційного управління арматурою блока. Збирання схеми пароводяного тракту котла для пуску блока з холодного стану. Пуск конденсаційної установки та набирання вакууму. Пуск системи охолодження механізмів котельного, турбінного відділень та електрогенератора. Пуск масляної системи турбоустановки та електрогенератора. Включення системи мащення механізмів котельного відділення. Включення підігрівників живильної води низького тиску. Збирання схеми газоповітряного тракту котла. Розпал котла та прогрівання паропроводів. Пуск системи прогрівання фланців і шпильок циліндрів високого та середнього тисків турбіни. Пуск установки рециркуляції димових газів. Навантаження блока до потужності 180 МВт. Включення ПВТ в роботу на працюючому блоці. Пуск пилосистеми. Пуск системи гідрошелушкоочищення.

На рис. 5 зображена пускова схема конденсаційної установки, циркуляційних та конденсатних насосів, основних ежекторів та ежектора ущільнень.

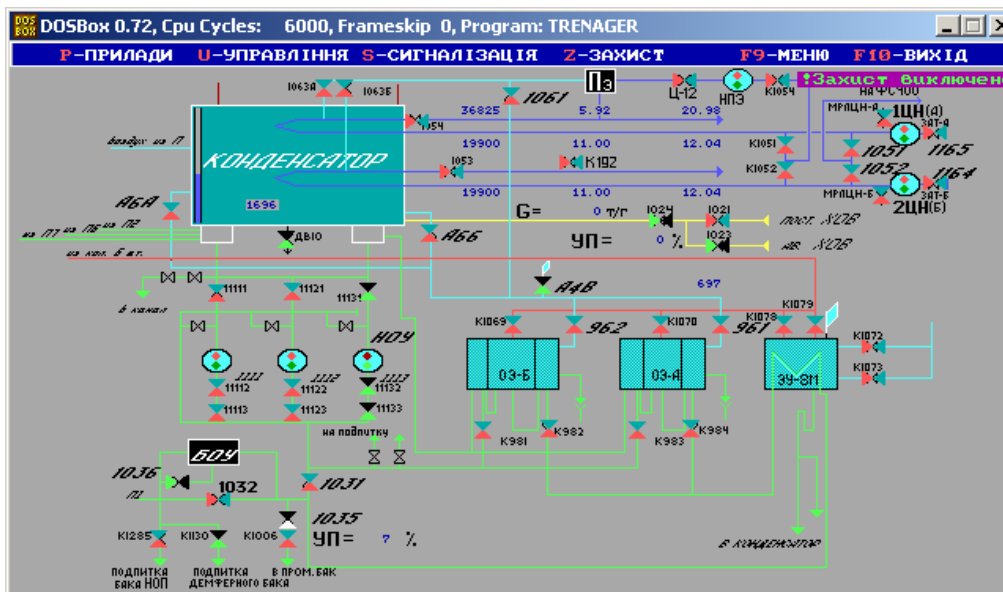


Рис. 5. Пускова схема конденсаційної установки, циркуляційних та конденсатних насосів, основних ежекторів та ежектора ущільнень

На рис. 6 зображена пускова схема змішуючих та поверхневих підігрівників живильної води низького тиску 1, 2, 3, 4, 5, 6.

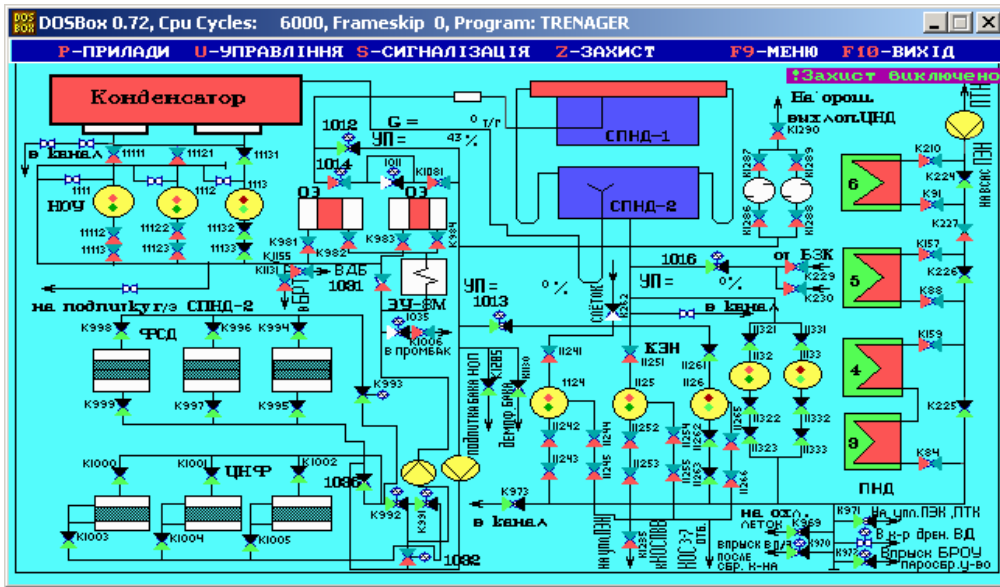


Рис. 6. Пускова схема змішуючих та поверхневих підігрівників живильної води низького тиску

На рис. 7 зображена пускова схема живильного насосу з турбоприводом, групи підігрівників живильної води високого тиску ПВТ 7, 8, 9, парогенератора та групові захисти енергоблоку. ПВТ мають складну конструкцію, тисячі зварних швів, знаходяться під тиском води в сотні атмосфер, пари з температурою 450 градусів і потребують особливої уваги при експлуатації.

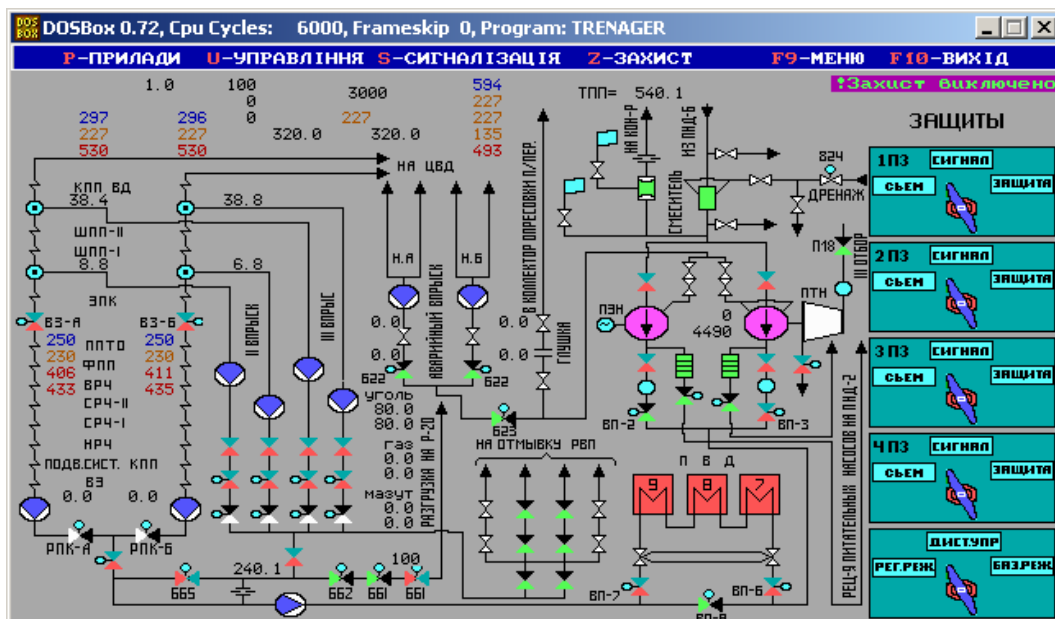


Рис. 7. Пускова схема живильного насосу з турбоприводом, групи підігрівників живильної води високого тиску ПВТ 7, 8, 9, парогенератора та групові захисти енергоблоку

Мнемосхема групи ПВТ на моніторі машиніста показана на рис. 8.

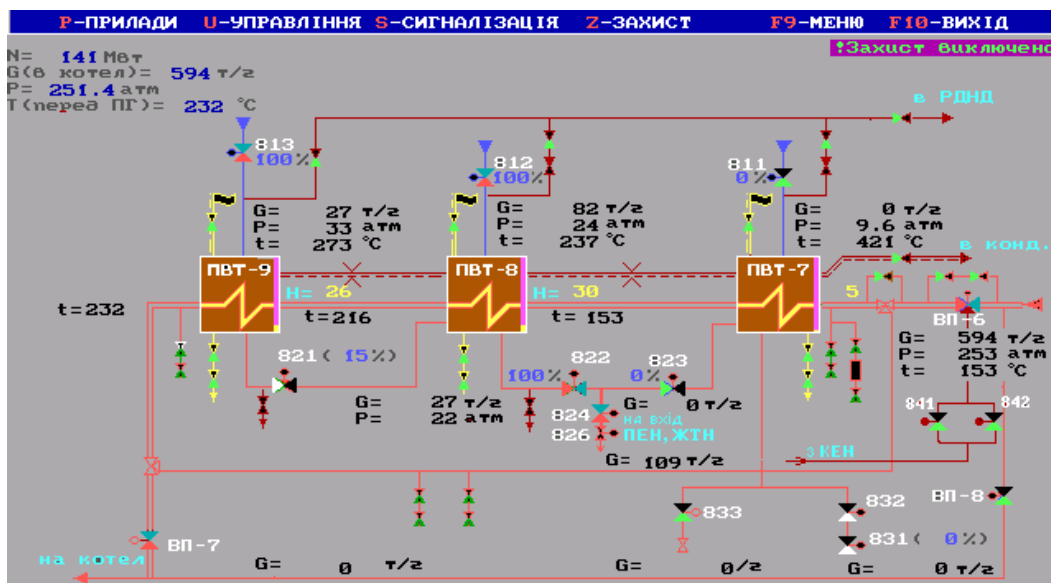


Рис. 8. Мнемосхема групи ПВТ на моніторі машиніста

Мнемосхема групи ПВТ із водомірними склами «по місцю» показана на рис. 9.

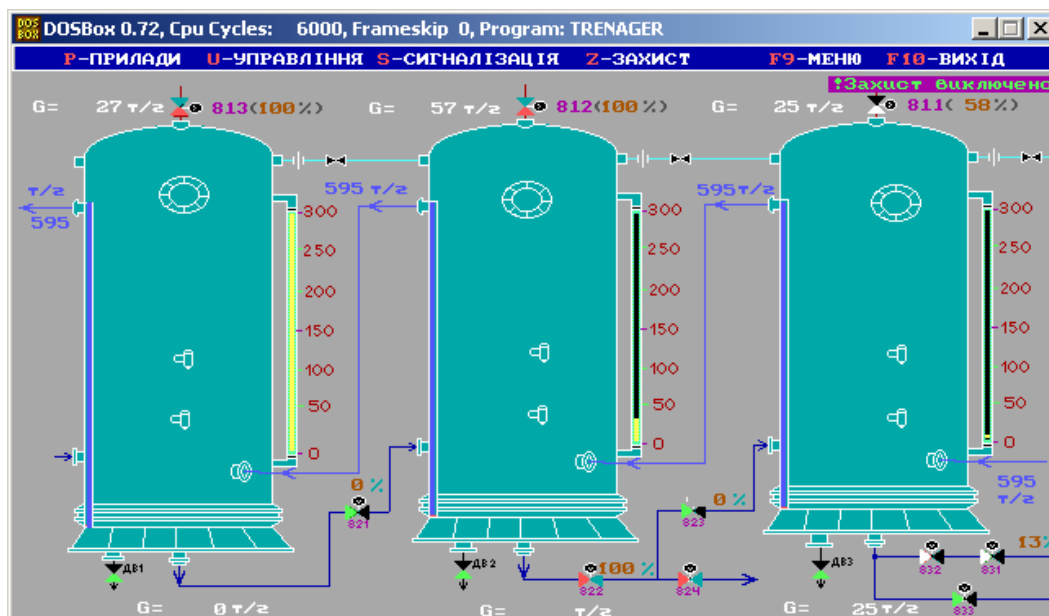


Рис. 9. Мнемосхема групи ПВТ із водомірними склами «по місцю»

Управління ПВТ виконується за допомогою БІУ-8, рис. 1 [4]. Також можливо управляти ПВТ за допомогою загального списку органів регулювання енергоблоку.

Як видно на схемах, конденсат гріючої пари 8-го підігрівника високого тиску зливається в точку змішування з основним конденсатом на вході до живильного насоса. При зниженні навантажень до 60% і нижче тиск основного конденсату в точці змішування стає більшим, ніж тиск конденсату гріючої пари з 8-го підігрівника високого тиску. Тоді основний конденсат витісняє конденсат гріючої пари і надходить в корпус 8-го підігрівника. Рівень конденсату в корпусі стрімко зростає і при відключених зворотних клапанах вода з корпусу підігрівника через паропровід відбору надходить до турбіни, яка після цього потребує капітального ремонту. Згідно інструкції з експлуатації паротурбінної установки, для попередження аварії при зниженні навантаження необхідно перевірити включення зворотного клапана та переключити зливання конденсату гріючої пари з точки змішування на скид в основний конденсатор. Якщо при роботі з тренажером це не зроблено, на



екрані із зображенням підігрівника високого тиску показується його переповнення, висвітлюється сигнал «аварія блока» і тренажер «зависає».

Лабораторні заняття проводяться в ігровій формі. Критерієм якості виконання роботи є час виконання. Переможці відзначаються призом – посібниками авторів тез.

При застосуванні тренажерів в навчальному процесі враховувався гендерний фактор. Студенти-енергетики вивчають дисципліни з робочої професії та експлуатації теплових електростанцій (ТЕС). До складу ТЕС входять котлотурбінний та хімоводоочисний цехи або відділення. Оператори котлотурбінного цеху (КТЦ) працюють в умовах високого нервового напруження через важкі наслідки можливих помилок, шуму та вібрації фундаменту турбін, підвищених концентрацій пари мастил та продуктів згоряння палив, електромагнітного випромінювання електрогенераторів. Від операторів потрібні значні фізичні зусилля при відмовах електроприводів арматури та при ліквідації пошкоджень та аварій. Через ускладнені умови роботи серед операторів КТЦ практично немає жінок. В цеху хімоводоочищення вода з водосховища прокачується насосними агрегатами через фільтри і збирається в баки знесоленої води. Навантаження на операторів цього цеху є відносно невисокими, тому, в більшості, персонал є жіночим. Тому на початку занять студенти за власним бажанням вибирають до виконання одну з двох груп лабораторних робіт.

1. Всі роботи з експлуатації енергоблоку та одну роботу з експлуатації хімоводоочищення.

2. Всі роботи з експлуатації хімоводоочищення і без робіт з експлуатації енергоблоку.

Тренажери використовувалися для лабораторних занять, на держіспитах, на змаганнях з операторської підготовки присвячених Дню університету, в яких приймали участь студенти енергетичного та будівельного факультетів ВНТУ, та студенти Вінницького політехнічного технікуму.

## Висновки

1. До лабораторних робіт з теплотехнічних дисциплін розроблені комп'ютерні тренажери.
2. Заняття з тренажерами проводяться в ігровій формі.
3. Заняття з комп'ютерними тренажерами проводяться з урахуванням гендерного фактора.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Головченко. О. М. Игровое проектирование энергетического оборудования / О. М. Головченко, Д. Б. Налбандян. – К. : УМК ВО, 1988. – 236 с.
2. Головченко О. М., Нанака О. М. Удосконалення методів розрахунку теплоенергетичних установок. XLV Науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ: збірник матеріалів доповідей (м. Вінниця, 23–24 березня 2016 р.). Вінниця, 2016. URL: <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2016/paper/view/557>.
3. Головченко О. М. Оптикоелектронне управління комп'ютерним тренажером / О. М. Головченко, А. А. Ободнік, М. В. Пушкар // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2005. – № 2 (8).
4. Головченко О. М. Енергетичні установки. Частина 1. Експлуатація устаткування промислової котельні на газовому та рідкому паливі: лабораторний практикум / О. М. Головченко, О. М. Нанака. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 146 с.
5. Головченко О. М., Нанака О. М. Математичне моделювання підігрівників живильної та мережної води ТЕС в комп'ютерному тренажері. XLVII науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ: збірник матеріалів доповідей (м. Вінниця, 14-23 березня 2018 р.). Вінниця, 2018. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2018/paper/view/4825>.

**Головченко Олексій Михайлович** – к. т. н., доцент, доцент кафедри електромеханічних систем автоматизація в промисловості і на транспорті, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Нанака Олена Миколаївна** – к. т. н., доцент кафедри електромеханічних систем автоматизація в промисловості і на транспорті, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [e\\_nanaka@ukr.net](mailto:e_nanaka@ukr.net).

**Oleksiy M. Golovchenko** – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of the Chair of Electromechanical Systems Automation in Industry and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Olena M. Nanaka** – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of the Chair of Electromechanical Systems Automation in Industry and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [e\\_nanaka@ukr.net](mailto:e_nanaka@ukr.net).