МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

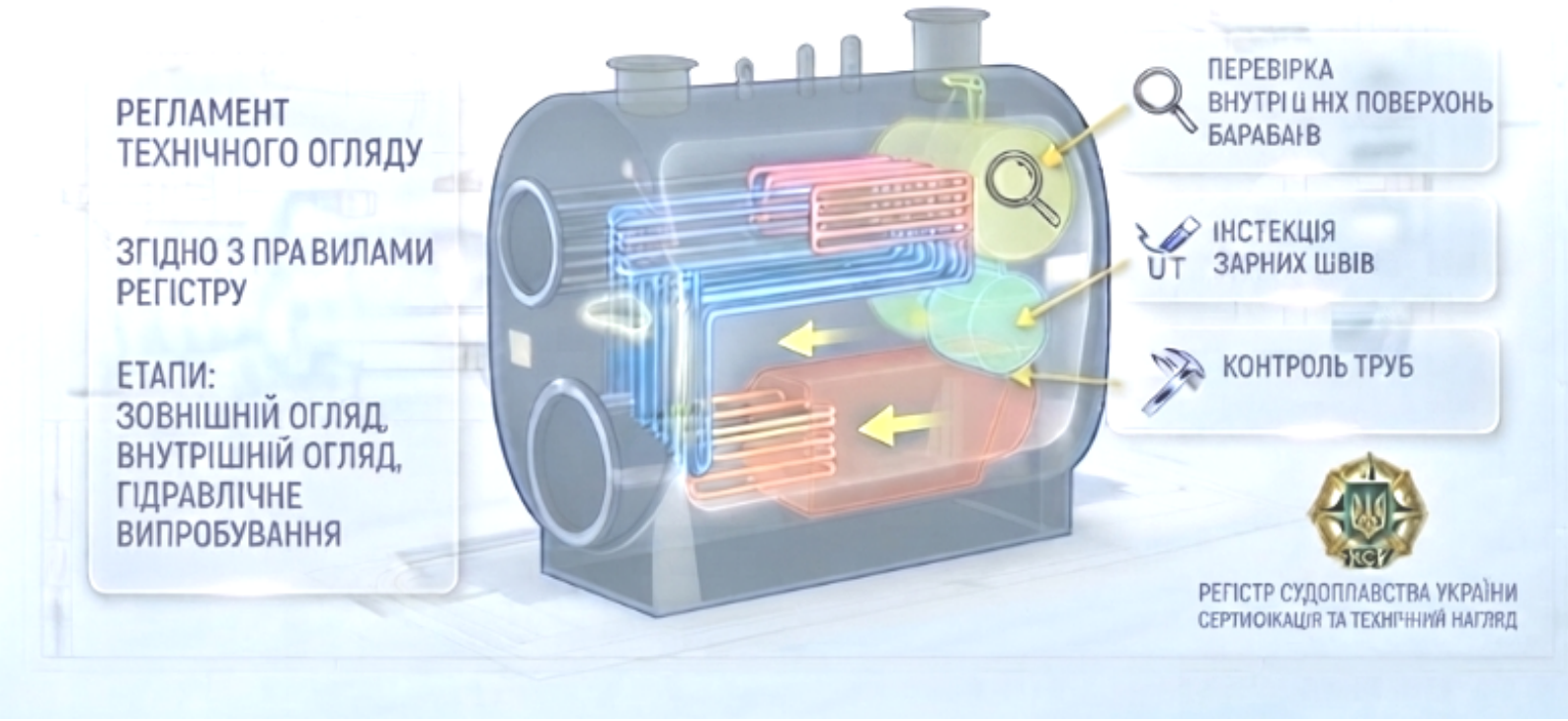
Кафедра «Суднові енергетичні системи і комплекси» (СЕСК)

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«Суднові котельні установки»

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

«ТЕХНІЧНИЙ ОГЛЯД СУДНОВИХ ПАРОВИХ КОТЛІВ»



Одеса 2026

Методичні вказівки до лабораторних робіт підготували: к.т.н., професор Соломатін Сергій Якович, ст. викладач Сторчак Олександр Олександрович та ст. викладач Клінаєв Юрій Васильович кафедри Суднові енергетичні системи і комплекси» Одеського національного морського університету для студентів денної (очної) та заочної форм навчання.

Методичні вказівки укладено відповідно до освітньо-професійної програми «Експлуатація суднових енергетичних установок» спеціальності J5 «Морський та внутрішній водний транспорт» (спеціалізація J5.02 «Управління судновими технічними системами і комплексами») та освітньо-професійної програми «Суднові енергетичні установки (проектування, виробництво, експлуатація і ремонт)» спеціальності G11 «Енергетичне машинобудування».

Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Суднові котельні установки» схвалено на засіданні кафедри суднових енергетичних систем і комплексів ОНМУ (протокол № 25 від 01.06.2026 р.).

Рецензент: доктор технічних наук, доцент, професор кафедри «Суднові енергетичні системи і комплекси» В.П. Мальчевський.

©СЕСК, ОНМУ 2026 р.

ЗМІСТ

ВСТУП 3
1 ВНУТРІШНІЙ ОГЛЯД ПАРОВИХ КОТЛІВ..... 4
2 ГІДРАВЛІЧНЕ ВИПРОБУВАННЯ КОТЛІВ…….. 7
3 ЗОВНІШНІЙ ОГЛЯД КОТЛІВ ПІД ПАРОЮ……. 8
4 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОТЛІВ…….. 9
5 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ……10
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... 11

ВСТУП

Котли суднових енергетичних установок (СЕУ) підлягають періодичним оглядам та випробуванням, які проводять інспектори класифікаційних товариств із видачею, продовженням або підтвердженням чинності відповідних документів.

Міжнародна асоціація класифікаційних товариств (IACS) — це технічна організація, до складу якої входять дванадцять морських класифікаційних товариств, зі штаб-квартирою в Лондоні.

IACS була заснована в 1968 році сімома провідними класифікаційними товариствами: RINA, ABS, BV, DNV, GL, LR та NK. Сукупний технічний досвід та знання цих товариств швидко здобули визнання. Уже 1969 року IACS отримала консультативний статус при Міжнародній морській організації (IMO). Сьогодні вона залишається єдиною неурядовою організацією зі статусом спостерігача, уповноваженою розробляти та застосовувати власні правила.

Класифікаційне товариство, яке є членом IACS, характеризується наступним:

1. Розробка правил: публікує власні класифікаційні правила, включаючи технічні вимоги до проектування, будівництва та огляду суден, і має ресурси для:

а. застосування,

б. дотримання та

в. регулярного оновлення цих правил і положень.

2. Перевірка відповідності: забезпечує дотримання цих правил під час будівництва судна та шляхом проведення періодичних оглядів протягом терміну експлуатації судна.

3. Ведення реєстру: публікує реєстр суден, що пройшли класифікацію.

4. Незалежність: діє незалежно та не перебуває під впливом судновласників, суднобудівників або інших комерційних суб’єктів, залучених до виробництва, оснащення, ремонту або експлуатації суден.

Перелік провідних світових класифікаційних товариств, що входять до складу IACS (Міжнародної асоціації класифікаційних товариств) та користуються беззаперечним глобальним визнанням:

- Lloyd’s Register (LR) — Великобританія
- American Bureau of Shipping (ABS) — США
- Bureau Veritas (BV) — Франція
- DNV (Det Norske Veritas) — Норвегія
- ClassNK (Nippon Kaiji Kyokai) — Японія
- China Classification Society (CCS) — Китай
- Registro Italiano Navale (RINA) — Італія
- Korean Register (KR) — Південна Корея
- Indian Register of Shipping (IRS) — Індія
- Polish Register of Shipping (PRS) — Польща
- Croatian Register of Shipping (CRS) — Хорватія
- Türk Loydu (TL) — Туреччина

Судна, що належать до класів судноплавних товариств із цього переліку, безперешкодно проходять портовий контроль і визнаються морськими адміністраціями по всьому світу, оскільки на ці організації припадає понад 90 % світового торговельного тоннажу.

Відповідно до вимог Міжнародної конвенції з охорони людського життя на морі 1974 року (SOLAS-74) із поправками, Міжнародної конвенції про запобігання забрудненню з суден 1973 року (MARPOL 73/78) та їх протоколів, судна й їхні технічні засоби підлягають таким оглядам: первісному, періодичному (річному / за поновленням класу), проміжному та додатковому позачерговому.

Первісний огляд котлів включає внутрішній огляд, гідравлічне випробування та зовнішній огляд під парою. Якісний технічний нагляд за експлуатованими котлами обумовлює їхню безпечну та надійну експлуатацію.

1 ВНУТРІШНІЙ ОГЛЯД ПАРОВИХ КОТЛІВ

Для підготовки до внутрішнього огляду необхідно виконати такі роботи:

– осушити котел;

– відкрити всі лази та горловини;

– перебрати й очистити арматуру;

– очистити котел з боку газів і пароводяного тракту;

– за необхідності видалити цегляну кладку в місцях стикання з поверхнею нагріву та ізоляцію на з'єднаннях (швах), біля горловини, фланців та в інших місцях, де найбільш вірогідні протікання і корозія.

Зазвичай внутрішній огляд виконують у такій послідовності. Починають огляд із пароводяного колектора. Спочатку оглядається арматура пароводяного колектора. Особливу увагу слід приділити огляду запобіжних клапанів, водовимірювальних приладів і дистанційних покажчиків рівня води

в колекторі. Під час огляду клапанів слід переконатися у відсутності корозійних та ерозійних руйнувань сідел, штоків і корпусів клапанів. Часто спостерігаються відмови пружин запобіжних клапанів, водомірних стекол і арматури продування водовимірювальних приладів. Під час огляду про це слід пам'ятати. Відмови живильних клапанів спричиняються, як правило, корозією сідел і корпусів. На це і рекомендується звернути увагу. Крім того, під час зовнішнього огляду пароводяного колектора слід оцінити стан ізоляції та з'єднання кожуха котла з колектором.

Після цього можна розпочати виконання внутрішнього огляду парового колектора. При цьому слід звернути особливу увагу на стан внутрішньої поверхні колектора, оскільки це дозволить зробити деякі висновки щодо технічного стану внутрішніх поверхонь усього котла. Так, наявність шару масла в районі розташування вільного рівня води свідчить про те, що в котел потрапляли масляні забруднення, які, у свою чергу, можуть привести до локального перегріву і навіть пережогу труб поверхонь нагріву. Невеликі корозійні роз'їдання на внутрішній стінці колектора свідчать про підвищений вміст кисню у воді, що вимагає звернути увагу на стан труб економайзера та випарних пучків.

Оглядаючи дзвіночки труб, необхідно оцінити глибину корозійних роз'їдань, що дозволить вирішити питання про інтенсивність внутрішньої корозії та необхідність більш детальної перевірки стану випарних труб за допомогою вирізки контрольних зразків. Питання про заміну труб за значних корозійних руйнувань можна вирішити лише після детального дослідження зразків труб, документів і умов експлуатації. Однак у разі, якщо товщина стінок труб зменшилася на 50 %, слід ставити питання про їх повну заміну найближчим часом.

Під час огляду звертають також увагу на стан внутрішньоколекторних пристроїв: живильної труби, паросепараційних щитів і пароохолоджувачів. З досвіду експлуатації відомо, що змійовики пароохолоджувачів сильно кородують, а щільність фланцевих з'єднань часто порушується. Закінчуючи огляд, слід перевірити щільність прилягання кришки лазового отвору до посадкових місць.

Після внутрішнього огляду пароводяного колектора доцільно здійснити огляд поверхонь труб екранів і притопочних пучків, а також оцінити стан цегляної кладки фронтів, звернувши увагу на футеровочні цеглини.

Якщо під час внутрішнього огляду пароводяного колектора виникла підозра щодо корозії труб екрана і притопочного пучка, то слід виконати обстукування труб (бажано неметалевим предметом) і ретельно оглянути зовнішню поверхню в районах найбільш вірогідного виникнення підшламової корозії. У місцях виникнення вогнищ підшламової корозії дуже часто спостерігаються здуття й зміна кольору зовнішньої поверхні труб, що свідчить про місцевий перегрів металу під шаром «мушлі». Далі слід переконатися у відсутності деформації труб екрана і притопочного пучка. Поява деформацій свідчить про випадки зниження рівня води нижче допустимого, які мали місце під час експлуатації котельної установки.

Закінчуючи огляд трубної частини, необхідно перевірити щільність вальцювальних з'єднань. Для цього треба ретельно оглянути труби біля коренів: наявність білого накипу свідчить про порушення щільності вальцювальних з'єднань. Обов'язково слід оглянути коріння труб біля водяного екранного колектора, оскільки тут під подовою цеглою можливе виникнення сірчистої корозії.

Під час оцінки технічного стану цегляної кладки слід пам'ятати, що наявність оплавленої цегли та потоншення її приблизно від 10 до 20 % може призвести до відмови котла в черговому рейсі. Тому кладку слід відремонтувати. Перебуваючи в топці, інспектор повинен звернути увагу на стан дифузорів і форсункових труб топкових пристроїв, які часто обгорають.

Наступним етапом має бути внутрішній огляд водяного екранного колектора, оскільки це дозволить остаточно вирішити питання про стан внутрішніх поверхонь труб екрана і притопочного пучка. Під час обстукування труб у водяний колектор випадатимуть «мушлі» підшламової корозії. За їх кількістю та розмірами можна судити про інтенсивність підшламової корозії. Якщо ж «мушель» немає, то під час обстукування або прокатування контрольних куль через трубки може осипатися накип та іржа, за кількістю і видом якої можна зробити висновок про наявність інших видів корозії (кисневої, стоянкової та ін.). Цьому також допомагає оцінка стану вальцювальних дзвіночків труб і наявність щільного шару шламу на дні колектора. Крім того, під час внутрішнього огляду водяного екранного колектора слід звернути увагу на стан внутрішніх стінок колектора та опускних труб.

Після огляду водяних колекторів доцільно здійснити огляд зовнішніх поверхонь труб периферійного випарного пучка і притопочного пучка в нижній частині. Через розкриті люки в обшивці котла уважно оглядаються коріння труб, оскільки під час дії котла тут під шаром відкладень золи можливе протікання сірчистої корозії. Крім того, через розкриті лючки слід оглянути коріння труб перших рядів пароперегрівників, звертаючи також увагу на поверхню колектора. Тут так само, як і у випарних труб, можливі корозійні пошкодження або порушення щільності вальцювальних з'єднань (білі плями, відкладення накипу). Оглядаючи нижню частину котла, слід звернути увагу на стан опор котла, кріплень і особливо на стан обшивки котла, оскільки саме тут найчастіше спостерігаються пропуски газів.

Наступним етапом огляду є огляд пароперегрівника. Краще починати з його внутрішнього огляду колектора, що може дати додаткову інформацію про технічний стан усього перегрівника. Дійсно, якщо під час огляду виявлено, що зруйновані або не закріплені поперечні перегородки, то в експлуатації, можливо, спостерігалося «коротке замикання по пару» і слід очікувати перегріву металу труб і колектора. Крім того, стан вальцювальних дзвіночків дає певне уявлення про технічний стан внутрішніх поверхонь труб пароперегрівача (особливо про наявність внутрішніх відкладень солей).

Після цього можна перейти до огляду зовнішніх поверхонь труб пароперегрівача з газоходу, проникнувши в пазуху через розкриті лючки в

обшивці котла. Оскільки труби пароперегрівача працюють у важких температурних умовах, під час огляду слід звернути увагу на товщину окалини (особливо на трубах останньої за ходом пари секції) та на наявність корозійних виразок, викликаних високотемпературною корозією. Наявність деформації труб пароперегрівача також свідчить про перегрів металу, що мав місце.

Слід звернути увагу на стан кріплень труб пароперегрівача. Як свідчить досвід експлуатації, кріплення, що не охолоджуються (гребінки тощо) працюють лише кілька років. Їх руйнування (згоряння) призводить до того, що між петлями пароперегрівача можуть утворюватися коридори для проходу газів, у районі яких значно погіршується температурний режим металу. І нарешті, необхідно перевірити стан труб сажеобдувних пристроїв, розташованих у пазусі пароперегрівача.

Наступним важливим етапом є огляд економайзера. Тут доцільно почати з огляду колекторів економайзера, звертаючи особливу увагу на стан посадкових місць лючків і внутрішніх стінок колекторів та приварених до них штуцерів (тут можливі корозійні руйнування).

Далі приступають до огляду зовнішніх поверхонь змійовиків з боку газів. При цьому слід ретельно оглянути коліна змійовиків, оскільки саме тут найчастіше виникають свищі (особливо у зварних швах). Необхідно також переконатися у відсутності вигинів змійовиків, а якщо такі є, то виміряти їх величину. Важливо, щоб деформовані змійовики не стикалися один з одним. Рекомендується також здійснити огляд ізоляції з внутрішньої сторони обшивки, оскільки часті течі в змійовиках призводять до її руйнування.

Закінчивши огляд котла, доцільно повернутися до переднього фронту та здійснити перевірку технічного стану паливних трубопроводів і форсунок, головного стопорного клапана й контрольно-вимірювальних приладів, розташованих на передньому фронті (манометрів і термометрів). При цьому необхідно оглянути повітронаправляючий пристрій і перевірити легкість ходу регістра.

На цьому черговий огляд котла можна вважати закінченим.

2 ГІДРАВЛІЧНЕ ВИПРОБУВАННЯ КОТЛІВ

Для перевірки міцності конструкції та якості її виготовлення всі елементи котла, а згодом і котел у зборі, підлягають гідравлічним випробуванням пробним тиском $p_{пр}$. Гідравлічні випробування проводять після закінчення всіх зварювальних робіт, коли ізоляція та захисні покриття ще відсутні. Міцність і щільність зварних та вальцювальних з'єднань елементів перевіряють пробним тиском:

$p_{пр} = 1{,}5p_{роб}$, але не менше $p_{роб} + 0.1$ МПа

де

$p_{роб}$ – робочий тиск у котлі.

Розміри елементів, що випробуються пробним тиском $p_{роб}$+0,1 МПа, а також елементів, які випробуються вищим пробним тиском, ніж зазначено вище, повинні підлягати перевірочному розрахунку на цей тиск. При цьому напруження не повинні перевищувати 0,9 межі плинності матеріалу σ_s^t, МПа.

Після остаточного збирання та встановлення арматури котел підлягає остаточному гідравлічному випробуванню тиском:

$p_{пр} = 1{,}25p_{роб}$, але не менше $p_{роб} + 0{,}1$ МПа.

Під час гідравлічних випробувань котел заповнюють водою і за допомогою спеціального насоса доводять тиск води до пробного тиску $p_{пр}$. Результати випробувань визначають за допомогою візуального огляду котла, а також за швидкістю падіння тиску.

Котел визнається таким, що витримав випробування, якщо тиск у ньому не падає і під час огляду не виявляються протікання, місцеві випинання, видимі зміни форми та остаточні деформації. Запотівання і поява дрібних крапель води біля вальцювальних з'єднань протіканням не вважаються. Проте поява роси чи «сльозинок» біля зварних швів не допускається.

Парові котли після встановлення на судно повинні підлягати паровій перевірці при робочому тиску, яка полягає в тому, що котел приводиться в експлуатаційний стан і перевіряється в дії при робочому тиску.

Газові порожнини утилізаційних котлів випробують повітрям тиском 10 кПа. Газоходи допоміжних і комбінованих парових котлів випробуванням не підлягають.

3 ЗОВНІШНІЙ ОГЛЯД КОТЛІВ ПІД ПАРОЮ

Зовнішній огляд котлів у комплекті з апаратурою, обладнанням, обслуговуючими механізмами й теплообмінними апаратами, системами та трубопроводами проводиться під парою за робочого тиску і за можливості поєднується з перевіркою в дії суднових механізмів.

Під час огляду необхідно переконатися в справному стані всіх водопокажчиків (водомірних стекол, пробних кранів, дистанційних покажчиків рівня води тощо), а також у справній дії верхнього і нижнього продування котла.

Повинно бути перевірено стан апаратури, справність дії приводів, відсутність пропусків пари, води і палива в сальниках, фланцях та інших з'єднаннях.

Запобіжні клапани повинні бути перевірені в дії на спрацьовування. Клапани мають бути відрегульовані на такі тиски:

а) тиск відкриття клапана

$$p_{відкр} \leq 1{,}05\ p_{роб} \quad для\ \ p_{роб} \leq 10\ кгс/см^2;$$

$$p_{відкр} \leq 1{,}03\ p_{роб} \quad для\ \ p_{роб} > 10\ кгс/см^2;$$

б) максимально допустимий тиск при дії запобіжного клапана

$$p_{max} \leq 1{,}1\ p_{роб}$$

Запобіжні клапани пароперегрівачів повинні бути відрегульовані на спрацьовування з деяким випередженням котельних клапанів.

Повинні бути перевірені в дії ручні приводи підриву запобіжних клапанів.

За позитивних результатів зовнішнього огляду та перевірки в дії один із котельних запобіжних клапанів повинен бути опломбований інспектором.

Якщо перевірка запобіжних клапанів на утилізаційних котлах на стоянці не уявляється можливою внаслідок необхідності тривалої роботи головного двигуна або неможливості подачі пари від допоміжного котла, що працює на паливі, то перевірка регулювання та опломбування запобіжних клапанів можуть бути зроблені судновласником у рейсі з оформленням відповідного акта.

Під час огляду повинно бути перевірено дію систем автоматичного регулювання котельної установки.

При цьому слід переконатися, що сигналізація, захист і блокувальні пристрої працюють безвідмовно й спрацьовують своєчасно, зокрема при зниженні рівня води в котлі нижче допустимого, при припиненні подачі повітря в топку, при згасанні факела в топці та в інших випадках, передбачених системою автоматики.

Слід також перевірити роботу котельної установки при переході з автоматичного на ручне керування і навпаки.

Якщо при зовнішньому огляді будуть виявлені дефекти, причина прояву яких не може бути встановлена цим оглядом, то інспектор може зажадати проведення внутрішнього огляду або гідравлічного випробування.

4 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОТЛІВ

За результатами огляду та випробувань оцінюється технічний стан котельної установки, придатність її до експлуатації або робиться висновок про необхідність ремонту. Котельна установка визнається придатною лише за відсутності виявлених дефектів і в разі, якщо дефекти не перевищують норм, встановлених виробником котла. Якщо ж виробник не встановив технічних норм і вимог, то визначення технічного стану проводиться за нормами класифікаційних товариств.

За цими нормами котельна установка вважається придатною при виявленні, наприклад, таких дефектів:

а) утонення кінців пароутворювальних і газових труб у місцях вальцювання на 30 % їх первісної товщини;

б) місцевих оспінних роз'їдань внутрішніх поверхонь барабанів, за винятком району розташування швів і отворів для труб, із глибиною до 20 % товщини металу та площею не більше 100 мм^2.

Кількість заглушених у котлі випарних і газових труб допускається не більше 10 %, а труб екрана – не більше 5 % за умови, що заглушені труби не розташовані поруч. Провисання прямих пароутворювальних труб (крім екранних) також допускається, але зі стрілою прогину тільки до 1 % довжини.

Не вважається перешкодою до подальшої експлуатації газотрубних котлів наявність здуття на плоских стінах вогневих частин зі стрілою прогину не більше товщини листа металу, деформація або звуження жарових труб від 3 до 5 % відповідно конструктивних розмірів, місцевого здуття зі стрілою прогину не більше двох товщин стінки.

У той же час стан котлів визнається незадовільним при несправності навіть одного запобіжного клапана або водопокажчика, манометра тиску пари, стопорного та швидкозапірного клапану паливної системи, систем подачі палива, повітря, живильної води. Наявність пропусків у вальцьованих з'єднаннях, поява запотівання біля зварних швів, тріщин, обривів зв'язків, порушення обмурівки в районі колекторів також слугує підставою для визнання котельної установки непридатною до експлуатації.

В протоколі лабораторної роботи потрібно провести огляд суднового котла КВВА 7,5/28, розташованого у машинному залі кафедри.

Зазначити:

1. Вимоги класифікаційних товариств по огляду котельної установки
2. Виявлені дефекти при зовнішньому огляді котла
3. Виявлені дефекти при внутрішньому огляд котла

Доцільно проілюструвати дефекти вузлів ескізами.

5 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1) Перелічите види огляду котельної установки
2) Яка мета проведення внутрішнього огляду?
3) У чому полягає підготовка котла до внутрішнього огляду?
4) Послідовність проведення внутрішнього огляду (стисло)
5) Які вимоги висуваються до налаштування тиску відкриття запобіжних клапанів для котлів із робочим тиском до 10 кгс/см^2
6) Які вимоги висуваються до налаштування тиску відкриття запобіжних клапанів для котлів із робочим тиском понад 10 кгс/см^2?
7) Який відсоток кількості заглушених пароутворювальних допустимий?
8) Який відсоток кількості заглушених екранних труб допустимий?
9) Яка мета проведення зовнішнього огляду котла під парою?

10) Які аварійні захисти та спрацьовування систем автоматики обов'язково перевіряються під час зовнішнього огляду котла під парою?

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Горбов В. М. Енциклопедія суднової енергетики : підручник. Миколаїв : НУК, 2010. 624 с.

2 Методичні рекомендації до виконання курсового проекту (роботи) з дисципліни «Суднові котельні установки» / Херсонська державна морська академія. Херсон : ХДМА, 2015. 49 с.

3 Міжнародна асоціація класифікаційних товариств (IACS) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://iacs.org.uk (дата звернення: 29.08.2026).

4 Правила класифікації та побудови морських суден / Регістр судноплавства України. Київ : Регістр судноплавства України, 2020.

5 Rules and Regulations for the Classification of Ships / Lloyd's Register. London : Lloyd’s Register, 2026. (Chapter: Boilers and Pressure Vessels).

6 Rules for the Classification of Steel Ships / Bureau Veritas. Paris : Bureau Veritas Marine & Offshore, 2026. (NR 467: Part C, Chapter 1 – Machinery, Section 4: Boilers).

7 Rules for Classification of Sea-Going Steel Ships / China Classification Society. Beijing : CCS, 2026. (Chapter: Main and Auxiliary Boilers).

8 Правила будови і безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів : НПАОП 0.00-1.26-96. Київ : Держнаглядохоронпраці, 1996. 112 с.

9 Котел водогрійний допоміжний вертикальний типу КВВА 7,5/28. Технічний опис та інструкція з експлуатації. Миколаїв : ЧСЗ, 1985. 64 с.