

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИКЛАДАЧА

Технології проведення занять, типові труднощі здобувачів, способи їх подолання та ключі відповідей

Дисципліна: Фізика (ОК7)

Галузь знань: J — Транспорт та послуги

Спеціальність: J8 — Автомобільний транспорт

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування та ремонт автомобілів і двигунів»

Освітньо-професійний ступінь: фаховий молодший бакалавр

Документ є внутрішньою методичною інструкцією. Він описує, як перетворити курс загальної фізики на інструмент професійної підготовки фахівця з обслуговування та ремонту автомобілів і двигунів, фіксує типові систематичні помилки здобувачів і містить ключі відповідей до розрахункових завдань комплексу.

ГОЛОВНИЙ ПРИНЦИП КУРСУ

Основна проблема викладання фізики на цій спеціальності — не складність матеріалу, а його сприйняття як загальноосвітнього додатка до фахових дисциплін. Здобувачі, які прийшли після освітньо-кваліфікаційного рівня кваліфікованого робітника, часто вже працювали з автомобілями й мають виражену установку: «мені потрібна практика, а не формули».

Ця установка знімається не переконанням, а демонстрацією. Кожна тема має відкриватися питанням про автомобіль, на яке здобувач не може відповісти з власного досвіду, і закриватися розрахунком, який на це питання відповідає. Викладач виступає не як лектор, що переказує підручник, а як інженер-наставник, який показує, звідки беруться числа в технічній документації автомобіля.

Практичне правило: якщо тема не має виходу на конкретний вузол автомобіля, діагностичний прилад чи ситуацію на дорозі, її подача потребує переробки.

Структурні особливості курсу, які варто використовувати.

П'ятимодульна побудова збігається з порядком розділів у шкільних підручниках, доступних в Електронній бібліотеці ІМЗО. Водночас глибина й прикладна спрямованість тут інші, і про це варто сказати групі прямо на першому занятті, щоб зняти очікування «це ми вже проходили».

Навчальним планом (120 кредитів ЄКТС) не передбачено дисципліни «Електротехніка та електроніка». Модуль III є єдиною електротехнічною підготовкою здобувачів перед вивченням дисциплін «Електрообладнання автомобілів» (3 семестр) та

«Електронні та мікропроцесорні системи керування автомобілів» (4 семестр), тому він має розширений обсяг (12 лекційних і 8 практичних годин), і скорочувати його на користь інших модулів не слід. Лабораторних занять план також не передбачає: демонстраційні досліди з мультиметром, акумулятором, реле, котушкою і датчиками проводяться в межах лекцій і практичних занять.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЇ ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТЬ

Технологія 1: «Загадка з автосервісу»

Мета. Створити пізнавальну потребу до подання теорії. Здобувач має спершу відчувати, що не може відповісти на просте питання про автомобіль.

Де застосовувати. На початку кожної лекції, особливо в темах, які здаються абстрактними: молекулярна фізика, електростатика, квантова оптика.

Сценарій проведення:

1. Викладач формулює коротке питання без підказок. Наприклад: «Вольтметр показує 12,6 В, а стартер ледве крутить — батарея справна?» або «Чому кермо вібрає на 100 км/год, а на 130 — ні?»

2. Група дає версії. Викладач не оцінює їх як правильні чи неправильні, лише фіксує на дошці.

3. Викладач показує, що всі версії спираються на побутову інтуїцію і що для відповіді бракує конкретного фізичного інструменту.

4. Подається теоретичний матеріал — уже як відповідь на поставлене питання.

5. У кінці заняття група повертається до питання й формулює відповідь, спираючись на вивчений закон.

Зауваження. Питання має бути таким, щоб інтуїтивна відповідь виявилася неправильною. Якщо група вгадує відповідь одразу, ефект втрачається — потрібне інше питання. Банк таких питань — додатковий банк питань 3 до заліку.

Технологія 2: «Перевірка розмірністю»

Мета. Сформувати автоматичну звичку контролювати результат. Це найдієвіший інструмент проти механічного підставляння чисел у формули.

Де застосовувати. На кожному практичному занятті без винятку, починаючи з першого.

Сценарій проведення:

1. Викладач вимагає, щоб у розрахунку одиниці вимірювання записувалися разом із числами, а не приписувалися до відповіді наприкінці.

2. Періодично викладач навмисно демонструє розв'язок із помилковою формулою і пропонує знайти помилку не за фізичним змістом, а лише за розмірністю.

3. На модульних контролях фізично недостовірний результат, якого здобувач не помітив, оцінюється нижче, ніж обчислювальна помилка при правильному ході. Група попереджається про це заздалегідь.

4. Формулюється правило: перш ніж підкреслити відповідь, перевір розмірність і оціни, чи правдоподібне число.

Зауваження. Це найважливіша навичка курсу. Здобувач, який контролює розмірність, самостійно знаходить більшість власних помилок.

Технологія 3: «Порядок величини перед розрахунком»

Мета. Навчити оцінювати результат до обчислення, щоб абсурдна відповідь одразу впадала в око.

Де застосовувати. У задачах, де інтуїція систематично помиляється: гальмівний шлях (квадрат швидкості), аеродинамічний опір (куб швидкості для потужності), пусковий струм

(сотні амперів), вторинна напруга котушки (десятки кіловольт), освітленість (обернений квадрат відстані).

Сценарій проведення:

1. Перед початком розв'язання викладач просить кожного записати очікуваний порядок результату: метри чи десятки метрів, одиниці чи сотні амперів.
2. Записані оцінки не обговорюються до отримання результату.
3. Після розв'язання зіставляються оцінка й фактичний результат; розбіжність на порядок аналізується.
4. Поступово група напрацьовує відчуття величини для типових автомобільних задач.

***Зауваження.** Особливо ефективна на першому практичному занятті: більшість здобувачів вважає, що гальмівний шлях зростає пропорційно швидкості. Розрахунок, що показує зростання в чотири рази за подвоєння швидкості, запам'ятовується надовго.*

Технологія 4: «Технічна документація як задачник»

Мета. Показати, що фізичні величини — не навчальна абстракція, а те, що записано в технічній документації реального автомобіля.

Де застосовувати. У темах динаміки, крутного моменту й потужності, газових законів, електричних кіл, коливань, світлотехніки.

Сценарій проведення:

1. Викладач роздає копії технічних характеристик реального автомобіля, двигуна, акумуляторної батареї, генератора, лампи.
2. Група визначає, які з наведених величин є фізичними характеристиками, а які конструктивними чи комерційними.
3. За паспортними даними виконується розрахунок, результат якого можна зіставити з іншим паспортним параметром: наприклад, за моментом і обертами обчислити потужність і порівняти з паспортною.
4. Обговорюється розбіжність між обчисленим і паспортним значенням та її причини.

***Зауваження.** Зіставлення обчисленого з паспортним працює як найпереконливіший аргумент на користь фізики: здобувач бачить, що формула дає те саме число, що й завод-виробник. На цьому ж побудовано індивідуальні завдання (файл 04) і напрям 2 самостійної роботи.*

Технологія 5: «Розбір чужої помилки»

Мета. Зняти страх помилки й навчити знаходити її в готовому розв'язку. Аналіз чужої роботи психологічно безпечніший за публічний розбір власної.

Де застосовувати. Перед кожним модульним контролем і після перевірки індивідуальних завдань.

Сценарій проведення:

1. Викладач готує розв'язок задачі з однією-двома типовими помилками, знеособлений і не пов'язаний із конкретним здобувачем.
2. Група працює в парах: знайти помилку, пояснити її природу, виправити розв'язок.

3. Пари озвучують знахідки; викладач фіксує на дошці класифікацію: неправильні одиниці, невірна формула, порушена логіка, необґрунтовані вихідні дані.

4. Формулюється спільний перелік «на що подивитися перед здачею роботи», який залишається в конспекті.

***Зауваження.** Помилки беруться з реальних робіт минулих років, але без будь-якої персоналізації. Публічний розбір роботи присутнього здобувача неприпустимий.*

Технологія 6: «Ланцюжок до фахової дисципліни»

Мета. Зняти сприйняття фізики як окремого предмета, показавши пряму лінію до дисциплін наступних семестрів.

Де застосовувати. На завершальному занятті кожного змістового модуля та на підсумковому занятті курсу (практичне заняття № 15).

Сценарій проведення:

1. Викладач виводить на дошку перелік фахових дисциплін навчального плану, які спираються на щойно вивчений модуль.

2. Група спільно будує ланцюжок: конкретна тема модуля — конкретний розділ фахової дисципліни — конкретна задача на автомобілі.

3. Викладач наводить приклад розрахунку з фахової дисципліни, у якому безпосередньо застосовується формула з цього модуля.

4. Ланцюжок фіксується в конспекті як схема.

***Зауваження.** Модуль I веде до ОК17 «Технічна механіка», ОК21 «Автомобілі», ОК23 «Технічна експлуатація автомобілів», ОК16 і ОК26; модуль II — до ОК22 «Автомобільні двигуни» та ВК1; модуль III — до ОК24 «Електрообладнання автомобілів» і ОК29 «Електронні та мікропроцесорні системи керування автомобілів»; модуль IV — до ОК23, ОК24 (світлотехніка) і ОК30 «Комп'ютерні технології та діагностика автомобілів»; модуль V — до ОК30 і ОК20 «Основи охорони праці». Дисципліна «Автомобілі» (ОК21) вивчається паралельно з фізикою в I семестрі, тому зв'язки з нею варто підкреслювати вже під час модуля I.*

Технологія 7: «Досвід групи як ресурс»

Мета. Використати практичний досвід частини здобувачів, перетворивши його з джерела скепсису на опору для теорії.

Де застосовувати. У темах, де явище знайоме з практики: перегрів двигуна, слабкий пуск узимку, вібрація керма, «м'яка» педаль гальм, окислені клеми, запотівання скла.

Сценарій проведення:

1. Перед подачею теорії викладач прямо звертається до групи: «хто стикався з тим, що взимку стартер ледве крутить, — розкажіть, як це виглядало».

2. Викладач фіксує опис явища мовою практика, не виправляючи термінологію на цьому етапі.

3. Подається фізичне пояснення, яке накладається на вже наявний досвід і надає йому кількісного виміру.

4. Здобувач зі стажем може виступити в ролі того, хто пояснює іншим; це підвищує його статус у групі й закріплює матеріал.

5. Хибні пояснення, засвоєні в гаражі чи на СТО, спростовуються розрахунком, а не авторитетом, і без публічного знецінення досвіду.

***Зауваження.** Різниця між «ви неправильно думали» і «ваше спостереження правильне, подивімося, чому так виходить» визначає, чи працюватиме група з вами далі.*

РОЗДІЛ 2. ТИПОВІ ТРУДНОЩІ ЗДОБУВАЧІВ І СПОСОБИ ЇХ ПОДОЛАННЯ

Перелічені нижче помилки мають системний, а не випадковий характер. Їх слід випереджати на етапі подання матеріалу, а не виправляти після модульного контролю.

Типова помилка	Як випереджати
Підстановка швидкості в км/год у формули кінематики й динаміки	Найпоширеніша помилка модуля І: гальмівний шлях виходить у 13 разів більшим і при цьому «правдоподібним». Вимагати окремого рядка переведення в м/с у кожному розрахунку.
Лінійне уявлення про гальмівний шлях і аеродинамічний опір	Поставити питання до розрахунку: «швидкість удвічі більша — гальмівний шлях?» Більшість відповість «удвічі». Розрахунок дає вчетверо; для потужності опору повітря — у вісім разів.
Підстановка температури в градусах Цельсія замість кельвінів	Найпоширеніша помилка модуля ІІ. Правило: у будь-якій формулі, де температура стоїть у знаменнику, у степені або у відношенні, вона тільки в кельвінах. Показати на задачі про шини: «нагріли від 20 до 40 °С — тиск подвоївся?»
Плутанина абсолютного й надлишкового тиску	Показати на шинному манометрі, що він показує нуль у ненакачаній шині. Правило: у рівнянні стану — абсолютний, на манометрі — надлишковий, різниця ≈ 1 бар.
Розрахунок потужності через оберти за хвилину без переведення в рад/с	Помилка в 9,55 раза. Вимагати формули $P = M \cdot \pi n / 30$ з окремим рядком обчислення кутової швидкості.
Плутанина Н·м моменту і джоулів роботи	Пояснити, що розмірність однакова, а величини різні. На кожному занятті модуля І вимагати правильних позначень: момент — Н·м, робота й енергія — Дж.
Додавання або усереднення ККД замість перемножування	Розібрати ланцюжок «двигун — трансмісія» з числами: 0,3 і 0,9 дають 0,27, а не 0,6. Питання ставити до подання правила, щоб група спершу помилилася.
Плутанина ЕРС і напруги на затискачах	Продемонструвати мультиметром напругу батареї без навантаження й під час пуску. Різниця — це $I \cdot r$, і саме вона показує стан батареї.
Урахування довжини проводу лише в один бік	Струм тече до споживача і назад (через масу чи окремий провід). Вимагати на схемі стрілок напрямку струму по всьому контуру.
Формула ехолокації без ділення на два	Звук проходить шлях туди й назад. Показати на схемі; вимагати пояснення «чому ділимо на 2» при кожному розв'язанні.
Лінійна залежність освітленості від відстані	Показати на прикладі фари: відстань утричі більша — освітленість у дев'ять разів менша. Пов'язати з вимогами до регулювання фар.
Переведення електрон-вольтів у джоулі	Вимагати окремого рядка переведення ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$) і оцінки: видиме світло — 1,6–3,1 eV.
Механічне підставлення чисел без розуміння	Вимагати на захисті пояснення кожного рядка. Оцінювати інтерпретацію результату окремо від правильності обчислення — це прямо закладено в дескрипторах.

РОЗДІЛ 3. РОБОТА В ІНТЕГРОВАНИХ ГРУПАХ

У групах спеціальності навчаються здобувачі різного віку й життєвого досвіду, зокрема ті, хто прийшов після ОКР кваліфікованого робітника з практичним досвідом ремонту автомобілів, а також ветерани та учасники бойових дій. Це створює і труднощі, і можливості.

Психологічно безпечне середовище

- Помилка на дошці не коментується оцінно. Формулювання «тут ми втратили розмірність, подивімося де» працює; формулювання «ну як так можна» руйнує готовність виходити до дошки.
- Здобувач, який давно не навчався, часто соромиться прогалин у математиці. Базові дії доцільно повторювати без акцентування на тому, що це «шкільний матеріал».
- Для здобувачів із досвідом бойових дій слід уникати різких раптових звуків під час демонстрацій (розряд конденсатора, іскра котушки), попереджати про гучні досліди заздалегідь і не наполягати на роботі біля дошки при видимому небажанні. Відмова від усної відповіді не є підставою для зниження балу: результат оцінюється за письмовим розв'язанням.
- Теми, дотичні до чутливого досвіду, — фізика зіткнень і пасивної безпеки (лекція 4), іонізуюче випромінювання (лекція 21) — подаються в технічному ключі, без фото- і відеоматеріалів із наслідками ДТП чи катастроф. Діє правило «стоп-слова» з робочої програми.
- Дедлайни продовжуються індивідуально за наявності обставин: лікування, реабілітація, службові обставини. Це зафіксовано в політиці дисципліни й не є винятком чи послугою.
- Форми звітності адаптуються: письмовий звіт замість усного захисту, індивідуальна консультація замість виступу перед групою, асинхронна комунікація через електронний курс.
- Здобувачі самостійно обирають теми самостійної роботи в межах напряму, зокрема з огляду на власний рівень психологічного комфорту. Нав'язувати конкретну тему не варто.

Робота з дистанційним і змішаним форматом

- Матеріали розміщуються в електронному курсі до заняття, а не після нього. Здобувач, який був відсутній, має мати змогу самостійно закрити тему.
- Політика безпечного екрана: увімкнення камери за бажанням. Участь підтверджується виконанням завдань, а не наявністю зображення.
- Для демонстрацій, неможливих дистанційно, використовуються відеозаписи дослідів, симуляції кіл і осцилограми сигналів датчиків, але з обов'язковим оформленням розрахункової частини.
- Автоматизовані тести для самоперевірки не оцінюються балами — їх призначення діагностичне, і про це група попереджається, щоб зняти спокусу списування.
- При перервах в електропостачанні заняття переноситься, а матеріал лишається доступним асинхронно. Планувати контрольні заходи на періоди ймовірних відключень не варто.

РОЗДІЛ 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ

Що оцінюється насправді

Дескриптори курсу розділяють три різні речі: правильність обчислення, коректність оформлення й розуміння результату. Здобувач, який отримав правильне число, але не може пояснити, що воно означає для автомобіля, не має отримувати максимальний бал. Це прямо закладено в критеріях і має застосовуватися послідовно, інакше система оцінювання перетворюється на формальність.

Структура балів, яку варто пояснити групі на першому занятті

Складова	Балів	Період
Практичні заняття, 7 занять по 2 бали	14	Модулі I–II
Самостійна робота, напрями 1–2	6	Модулі I–II
Модульний контроль № 1	15	Після модуля II
Практичні заняття, 8 занять по 2 бали	16	Модулі III–V
Самостійна робота, напрями 3–4	4	Модулі III–V
Модульний контроль № 2	15	Після модуля V
Диференційований залік	30	Кінець семестру
РАЗОМ	100	

Кожна половина семестру дає 35 балів (14 + 6 + 15 і 16 + 4 + 15). Зверніть увагу на співвідношення балів за самостійну роботу — 6 у першій половині й 4 у другій. Це не помилка: у першій половині самостійна робота містить обов'язкові розрахункові задачі напряму 2 з даними реального автомобіля, а в другій більшу вагу мають вісім оцінюваних практичних занять розширеного модуля III. Умова успішного проходження першої половини — не менше 21 бала з 35 (п. 10.1 робочої програми).

Практичні рекомендації

1. Індивідуалізуйте числові дані завдань. Для кожного практичного заняття в робочому зошиті є 10 варіантів; ключі наведено в розділі 6. Один варіант на групу гарантує списування незалежно від будь-яких політик.
2. Оцінюйте роботу на занятті одразу, а не наприкінці семестру. Відкладене оцінювання позбавляє бали мотиваційної функції.
3. Ведіть облік балів у відкритому для групи вигляді. Аркуш обліку є в робочому зошиті: здобувач має в будь-який момент бачити, скільки в нього балів і скільки потрібно для допуску.
4. Попереджайте про наближення до межі допуску завчасно. 42 бали з 70 — поріг, який неможливо закрити за кілька днів.
5. Формуйте не менше чотирьох рівноцінних варіантів кожного модульного контролю, комбінуючи завдання з банків (30 тестових питань і 12–13 задач на кожен контроль).
6. На заліку третє питання задавайте усно з уточнювальними запитаннями — саме воно найточніше показує реальне розуміння.
7. Не зводьте модульний контроль до самого лише тестування. Блок розрахункової задачі важить більше і перевіряє інше.

Академічна доброчесність на практиці

Заборонити використання штучного інтелекту неможливо й недоцільно. Практичний підхід: дозволити його як інструмент розуміння і зробити безглуздим як інструмент здачі. Це досягається двома засобами — індивідуальними числовими даними (варіанти практикуму, паспортні дані реального автомобіля в індивідуальних завданнях) та обов'язковим усним поясненням кожного рядка роботи.

Критерій формулюється для групи прямо на першому занятті: якщо ви не можете пояснити, звідки взявся будь-який рядок вашої роботи, робота не зараховується незалежно від правильності цифр. Це знімає більшість проблем без атмосфери контролю й підозр.

РОЗДІЛ 5. СКЛАД НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

1. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізика» для спеціальності І8.
2. Силабус навчальної дисципліни.
3. Глосарій фізичних термінів професійного спрямування (70 термінів за п'ятьма модулями).
4. Банк завдань до модульного та підсумкового контролю.
5. Методичні рекомендації щодо виконання індивідуальних завдань (15 базових завдань і 3 підвищеної складності).
6. Методичні розробки практичних занять (15 занять).
7. Методична розробка до самостійної роботи здобувачів освіти (21 тема, 4 напрями).
8. Конспект лекцій (21 лекція).
9. Робочий зошит-практикум (15 занять по 10 варіантів).
10. Методичні рекомендації викладача (цей документ).

Комплекс переглядається щорічно перед початком навчального року. Зміни вносяться до листа реєстрації змін робочої програми.

РОЗДІЛ 6. КЛЮЧІ ВІДПОВІДЕЙ

Відповіді обчислено за вихідними даними, наведеними в робочому зошиті-практикумі та банку завдань, з використанням довідкових значень із робочого зошита ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$, $\rho \text{ повітря} = 1,2 \text{ кг/м}^3$, $\rho \text{ міді} = 0,0175 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$, $v \text{ звуку} = 340 \text{ м/с}$ тощо). Допустиме відхилення відповіді здобувача через округлення проміжних результатів — до 2–3 %.

6.1. Відповіді до варіантів практичних занять

Практичне заняття № 1

Варіант	Відповідь
1	$a = 2,31 \text{ м/с}^2$; $s \text{ розг} = 42 \text{ м}$; $t_r = 2,3 \text{ с}$; $s_r = 16,1 \text{ м}$; $s_{\text{зуп}} = 27,2 \text{ м}$; $s_r(1,2v)/s_r = 1,44$; $n = 474 \text{ об/хв}$
2	$a = 2,08 \text{ м/с}^2$; $s \text{ розг} = 67 \text{ м}$; $t_r = 2,6 \text{ с}$; $s_r = 21,4 \text{ м}$; $s_{\text{зуп}} = 38,0 \text{ м}$; $s_r(1,2v)/s_r = 1,44$; $n = 549 \text{ об/хв}$
3	$a = 2,16 \text{ м/с}^2$; $s \text{ розг} = 88 \text{ м}$; $t_r = 2,8 \text{ с}$; $s_r = 27,0 \text{ м}$; $s_{\text{зуп}} = 50,3 \text{ м}$; $s_r(1,2v)/s_r = 1,44$; $n = 619 \text{ об/хв}$
4	$a = 2,22 \text{ м/с}^2$; $s \text{ розг} = 111 \text{ м}$; $t_r = 4,0 \text{ с}$; $s_r = 44,9 \text{ м}$; $s_{\text{зуп}} = 64,9 \text{ м}$; $s_r(1,2v)/s_r = 1,44$; $n = 685 \text{ об/хв}$
5	$a = 2,27 \text{ м/с}^2$; $s \text{ розг} = 138 \text{ м}$; $t_r = 3,7 \text{ с}$; $s_r = 46,0 \text{ м}$; $s_{\text{зуп}} = 73,5 \text{ м}$; $s_r(1,2v)/s_r = 1,44$; $n = 746 \text{ об/хв}$
6	$a = 2,31 \text{ м/с}^2$; $s \text{ розг} = 167 \text{ м}$; $t_r = 3,9 \text{ с}$; $s_r = 53,6 \text{ м}$; $s_{\text{зуп}} = 81,4 \text{ м}$; $s_r(1,2v)/s_r = 1,44$; $n = 884 \text{ об/хв}$
7	$a = 2,38 \text{ м/с}^2$; $s \text{ розг} = 58 \text{ м}$; $t_r = 2,9 \text{ с}$; $s_r = 23,9 \text{ м}$; $s_{\text{зуп}} = 37,3 \text{ м}$; $s_r(1,2v)/s_r = 1,44$; $n = 549 \text{ об/хв}$
8	$a = 2,47 \text{ м/с}^2$; $s \text{ розг} = 100 \text{ м}$; $t_r = 3,6 \text{ с}$; $s_r = 39,8 \text{ м}$; $s_{\text{зуп}} = 66,5 \text{ м}$; $s_r(1,2v)/s_r = 1,44$; $n = 685 \text{ об/хв}$
9	$a = 1,92 \text{ м/с}^2$; $s \text{ розг} = 162 \text{ м}$; $t_r = 3,3 \text{ с}$; $s_r = 41,7 \text{ м}$; $s_{\text{зуп}} = 64,2 \text{ м}$; $s_r(1,2v)/s_r = 1,44$; $n = 723 \text{ об/хв}$
10	$a = 2,18 \text{ м/с}^2$; $s \text{ розг} = 214 \text{ м}$; $t_r = 4,6 \text{ с}$; $s_r = 70,7 \text{ м}$; $s_{\text{зуп}} = 101,3 \text{ м}$; $s_r(1,2v)/s_r = 1,44$; $n = 912 \text{ об/хв}$

Практичне заняття № 2

Варіант	Відповідь
1	$F_f = 129 \text{ Н}$; $F_B = 129 \text{ Н}$; $F_{\Pi} = 324 \text{ Н}$; $F_T = 583 \text{ Н}$; $N_K = 11,3 \text{ кВт}$; $s_r \text{ сух} = 25,7 \text{ м}$; $s_r \text{ мокр} = 42,8 \text{ м}$
2	$F_f = 159 \text{ Н}$; $F_B = 190 \text{ Н}$; $F_{\Pi} = 490 \text{ Н}$; $F_T = 840 \text{ Н}$; $N_K = 18,7 \text{ кВт}$; $s_r \text{ сух} = 36,0 \text{ м}$; $s_r \text{ мокр} = 62,9 \text{ м}$
3	$F_f = 192 \text{ Н}$; $F_B = 221 \text{ Н}$; $F_{\Pi} = 687 \text{ Н}$; $F_T = 1099 \text{ Н}$; $N_K = 27,5 \text{ кВт}$; $s_r \text{ сух} = 39,8 \text{ м}$; $s_r \text{ мокр} = 63,7 \text{ м}$
4	$F_f = 221 \text{ Н}$; $F_B = 336 \text{ Н}$; $F_{\Pi} = 883 \text{ Н}$; $F_T = 1440 \text{ Н}$; $N_K = 40,0 \text{ кВт}$; $s_r \text{ сух} = 52,4 \text{ м}$; $s_r \text{ мокр} = 87,4 \text{ м}$
5	$F_f = 259 \text{ Н}$; $F_B = 302 \text{ Н}$; $F_{\Pi} = 647 \text{ Н}$; $F_T = 1208 \text{ Н}$; $N_K = 30,2 \text{ кВт}$; $s_r \text{ сух} = 45,5 \text{ м}$; $s_r \text{ мокр} = 91,0 \text{ м}$
6	$F_f = 265 \text{ Н}$; $F_B = 267 \text{ Н}$; $F_{\Pi} = 883 \text{ Н}$; $F_T = 1414 \text{ Н}$; $N_K = 31,4 \text{ кВт}$; $s_r \text{ сух} = 31,5 \text{ м}$; $s_r \text{ мокр} = 50,3 \text{ м}$

7	$F_f = 353 \text{ Н}; F_B = 254 \text{ Н}; F_{\Pi} = 1177 \text{ Н}; F_T = 1784 \text{ Н}; N_K = 34,7 \text{ кВт}; s_{\text{г сух}} = 25,7 \text{ м}; s_{\text{г мокр}} = 48,2 \text{ м}$
8	$F_f = 166 \text{ Н}; F_B = 325 \text{ Н}; F_{\Pi} = 383 \text{ Н}; F_T = 873 \text{ Н}; N_K = 26,7 \text{ кВт}; s_{\text{г сух}} = 68,0 \text{ м}; s_{\text{г мокр}} = 105,7 \text{ м}$
9	$F_f = 199 \text{ Н}; F_B = 301 \text{ Н}; F_{\Pi} = 569 \text{ Н}; F_T = 1070 \text{ Н}; N_K = 29,7 \text{ кВт}; s_{\text{г сух}} = 49,2 \text{ м}; s_{\text{г мокр}} = 98,3 \text{ м}$
10	$F_f = 284 \text{ Н}; F_B = 370 \text{ Н}; F_{\Pi} = 834 \text{ Н}; F_T = 1488 \text{ Н}; N_K = 37,2 \text{ кВт}; s_{\text{г сух}} = 42,5 \text{ м}; s_{\text{г мокр}} = 91,0 \text{ м}$

Практичне заняття № 3

Варіант	Відповідь
1	$P = 54,5 \text{ кВт} = 74 \text{ к.с.}; F_{T1} = 6,17 \text{ кН}; E_K = 344 \text{ кДж}; \Delta T \text{ дисків} \approx 47 \text{ К}; F \text{ на ключі} = 83 \text{ Н}$
2	$P = 66,0 \text{ кВт} = 90 \text{ к.с.}; F_{T1} = 6,42 \text{ кН}; E_K = 482 \text{ кДж}; \Delta T \text{ дисків} \approx 58 \text{ К}; F \text{ на ключі} = 114 \text{ Н}$
3	$P = 71,6 \text{ кВт} = 97 \text{ к.с.}; F_{T1} = 8,82 \text{ кН}; E_K = 346 \text{ кДж}; \Delta T \text{ дисків} \approx 38 \text{ К}; F \text{ на ключі} = 150 \text{ Н}$
4	$P = 94,2 \text{ кВт} = 128 \text{ к.с.}; F_{T1} = 7,25 \text{ кН}; E_K = 700 \text{ кДж}; \Delta T \text{ дисків} \approx 69 \text{ К}; F \text{ на ключі} = 200 \text{ Н}$
5	$P = 92,2 \text{ кВт} = 125 \text{ к.с.}; F_{T1} = 9,06 \text{ кН}; E_K = 516 \text{ кДж}; \Delta T \text{ дисків} \approx 47 \text{ К}; F \text{ на ключі} = 222 \text{ Н}$
6	$P = 91,6 \text{ кВт} = 125 \text{ к.с.}; F_{T1} = 10,76 \text{ кН}; E_K = 694 \text{ кДж}; \Delta T \text{ дисків} \approx 63 \text{ К}; F \text{ на ключі} = 220 \text{ Н}$
7	$P = 88,0 \text{ кВт} = 120 \text{ к.с.}; F_{T1} = 12,55 \text{ кН}; E_K = 494 \text{ кДж}; \Delta T \text{ дисків} \approx 41 \text{ К}; F \text{ на ключі} = 240 \text{ Н}$
8	$P = 67,0 \text{ кВт} = 91 \text{ к.с.}; F_{T1} = 13,34 \text{ кН}; E_K = 688 \text{ кДж}; \Delta T \text{ дисків} \approx 53 \text{ К}; F \text{ на ключі} = 255 \text{ Н}$
9	$P = 80,6 \text{ кВт} = 110 \text{ к.с.}; F_{T1} = 13,55 \text{ кН}; E_K = 926 \text{ кДж}; \Delta T \text{ дисків} \approx 67 \text{ К}; F \text{ на ключі} = 267 \text{ Н}$
10	$P = 75,4 \text{ кВт} = 103 \text{ к.с.}; F_{T1} = 20,18 \text{ кН}; E_K = 642 \text{ кДж}; \Delta T \text{ дисків} \approx 44 \text{ К}; F \text{ на ключі} = 300 \text{ Н}$

Практичне заняття № 4

Варіант	Відповідь
1	$k = 22,9 \text{ кН/м}; \Delta x = 34 \text{ мм}; p = 2,82 \text{ МПа}; F_2 = 3,20 \text{ кН}; \sigma = 385 \text{ МПа}; \text{запас } n = 1,66$
2	$k = 22,6 \text{ кН/м}; \Delta x = 39 \text{ мм}; p = 2,86 \text{ МПа}; F_2 = 3,60 \text{ кН}; \sigma = 414 \text{ МПа}; \text{запас } n = 1,55$
3	$k = 25,1 \text{ кН/м}; \Delta x = 39 \text{ мм}; p = 3,18 \text{ МПа}; F_2 = 4,41 \text{ кН}; \sigma = 483 \text{ МПа}; \text{запас } n = 1,33$
4	$k = 23,8 \text{ кН/м}; \Delta x = 33 \text{ мм}; p = 2,89 \text{ МПа}; F_2 = 4,60 \text{ кН}; \sigma = 517 \text{ МПа}; \text{запас } n = 1,24$
5	$k = 23,5 \text{ кН/м}; \Delta x = 50 \text{ мм}; p = 3,16 \text{ МПа}; F_2 = 5,71 \text{ кН}; \sigma = 405 \text{ МПа}; \text{запас } n = 1,58$

6	$k = 27,6 \text{ кН/м}; \Delta x = 36 \text{ мм}; p = 2,63 \text{ МПа}; F_2 = 4,76 \text{ кН}; \sigma = 429 \text{ МПа}; \text{запас } n = 1,49$
7	$k = 27,1 \text{ кН/м}; \Delta x = 33 \text{ мм}; p = 3,13 \text{ МПа}; F_2 = 6,14 \text{ кН}; \sigma = 476 \text{ МПа}; \text{запас } n = 1,34$
8	$k = 40,1 \text{ кН/м}; \Delta x = 37 \text{ мм}; p = 3,09 \text{ МПа}; F_2 = 7,09 \text{ кН}; \sigma = 524 \text{ МПа}; \text{запас } n = 1,22$
9	$k = 49,0 \text{ кН/м}; \Delta x = 40 \text{ мм}; p = 3,06 \text{ МПа}; F_2 = 7,80 \text{ кН}; \sigma = 417 \text{ МПа}; \text{запас } n = 1,53$
10	$k = 65,4 \text{ кН/м}; \Delta x = 38 \text{ мм}; p = 3,26 \text{ МПа}; F_2 = 9,22 \text{ кН}; \sigma = 452 \text{ МПа}; \text{запас } n = 1,42$

Практичне заняття № 5

Варіант	Відповідь
1	$p_2 = 2,36 \text{ бар (надл.)}; \varepsilon = 9,9; m \text{ пов. атм} = 476 \text{ мг}; m \text{ пов. наддув} = 702 \text{ мг};$ зростання у 1,47 рази
2	$p_2 = 2,55 \text{ бар (надл.)}; \varepsilon = 10,0; m \text{ пов. атм} = 527 \text{ мг}; m \text{ пов. наддув} = 827 \text{ мг};$ зростання у 1,57 рази
3	$p_2 = 2,76 \text{ бар (надл.)}; \varepsilon = 11,0; m \text{ пов. атм} = 576 \text{ мг}; m \text{ пов. наддув} = 972 \text{ мг};$ зростання у 1,69 рази
4	$p_2 = 2,61 \text{ бар (надл.)}; \varepsilon = 10,1; m \text{ пов. атм} = 606 \text{ мг}; m \text{ пов. наддув} = 1011 \text{ мг};$ зростання у 1,67 рази
5	$p_2 = 2,98 \text{ бар (надл.)}; \varepsilon = 13,2; m \text{ пов. атм} = 623 \text{ мг}; m \text{ пов. наддув} = 1188 \text{ мг};$ зростання у 1,91 рази
6	$p_2 = 2,93 \text{ бар (надл.)}; \varepsilon = 17,0; m \text{ пов. атм} = 476 \text{ мг}; m \text{ пов. наддув} = 936 \text{ мг};$ зростання у 1,97 рази
7	$p_2 = 2,58 \text{ бар (надл.)}; \varepsilon = 17,1; m \text{ пов. атм} = 527 \text{ мг}; m \text{ пов. наддув} = 943 \text{ мг};$ зростання у 1,79 рази
8	$p_2 = 2,73 \text{ бар (надл.)}; \varepsilon = 17,7; m \text{ пов. атм} = 576 \text{ мг}; m \text{ пов. наддув} = 988 \text{ мг};$ зростання у 1,72 рази
9	$p_2 = 4,12 \text{ бар (надл.)}; \varepsilon = 19,2; m \text{ пов. атм} = 715 \text{ мг}; m \text{ пов. наддув} = 1556 \text{ мг};$ зростання у 2,18 рази
10	$p_2 = 5,06 \text{ бар (надл.)}; \varepsilon = 20,0; m \text{ пов. атм} = 937 \text{ мг}; m \text{ пов. наддув} = 2128 \text{ мг};$ зростання у 2,27 рази

Практичне заняття № 6

Варіант	Відповідь
1	$Q_{\text{пал}} = 163 \text{ МДж}; Q_{\text{рід}} = 1,65 \text{ МДж}; Q_{\text{блок}} = 3,89 \text{ МДж}; \tau \text{ прогріву} \approx 9,2 \text{ хв};$ частка від палива = 3,4 %
2	$Q_{\text{пал}} = 195 \text{ МДж}; Q_{\text{рід}} = 1,87 \text{ МДж}; Q_{\text{блок}} = 4,48 \text{ МДж}; \tau \text{ прогріву} \approx 8,8 \text{ хв};$ частка від палива = 3,2 %
3	$Q_{\text{пал}} = 260 \text{ МДж}; Q_{\text{рід}} = 2,19 \text{ МДж}; Q_{\text{блок}} = 5,35 \text{ МДж}; \tau \text{ прогріву} \approx 8,4 \text{ хв};$ частка від палива = 2,9 %
4	$Q_{\text{пал}} = 326 \text{ МДж}; Q_{\text{рід}} = 2,54 \text{ МДж}; Q_{\text{блок}} = 6,29 \text{ МДж}; \tau \text{ прогріву} \approx 10,5 \text{ хв};$ частка від палива = 2,7 %

5	Q _{пал} = 130 МДж; Q _{рід} = 2,11 МДж; Q _{блок} = 3,85 МДж; τ прогріву $\approx 9,0$ хв; частка від палива = 4,6 %
6	Q _{пал} = 228 МДж; Q _{рід} = 3,15 МДж; Q _{блок} = 7,37 МДж; τ прогріву $\approx 11,0$ хв; частка від палива = 4,6 %
7	Q _{пал} = 293 МДж; Q _{рід} = 1,53 МДж; Q _{блок} = 3,86 МДж; τ прогріву $\approx 6,9$ хв; частка від палива = 1,8 %
8	Q _{пал} = 391 МДж; Q _{рід} = 3,54 МДж; Q _{блок} = 7,94 МДж; τ прогріву $\approx 10,6$ хв; частка від палива = 2,9 %
9	Q _{пал} = 98 МДж; Q _{рід} = 3,15 МДж; Q _{блок} = 7,26 МДж; τ прогріву $\approx 8,7$ хв; частка від палива = 10,7 %
10	Q _{пал} = 488 МДж; Q _{рід} = 4,94 МДж; Q _{блок} = 11,88 МДж; τ прогріву $\approx 11,2$ хв; частка від палива = 3,4 %

Практичне заняття № 7

Варіант	Відповідь
1	$g_e = 290$ г/(кВт·год); $\eta_e = 0,282$; $\eta_i = 0,353$; $\eta_{\text{Отто}} = 0,594$
2	$g_e = 280$ г/(кВт·год); $\eta_e = 0,292$; $\eta_i = 0,356$; $\eta_{\text{Отто}} = 0,602$
3	$g_e = 270$ г/(кВт·год); $\eta_e = 0,303$; $\eta_i = 0,365$; $\eta_{\text{Отто}} = 0,610$
4	$g_e = 215$ г/(кВт·год); $\eta_e = 0,394$; $\eta_i = 0,492$; $\eta_{\text{Дизеля}} (\rho = 2) = 0,623$
5	$g_e = 266$ г/(кВт·год); $\eta_e = 0,308$; $\eta_i = 0,367$; $\eta_{\text{Отто}} = 0,617$
6	$g_e = 210$ г/(кВт·год); $\eta_e = 0,403$; $\eta_i = 0,492$; $\eta_{\text{Дизеля}} (\rho = 2) = 0,632$
7	$g_e = 260$ г/(кВт·год); $\eta_e = 0,315$; $\eta_i = 0,370$; $\eta_{\text{Отто}} = 0,630$
8	$g_e = 205$ г/(кВт·год); $\eta_e = 0,413$; $\eta_i = 0,497$; $\eta_{\text{Дизеля}} (\rho = 2) = 0,619$
9	$g_e = 200$ г/(кВт·год); $\eta_e = 0,424$; $\eta_i = 0,504$; $\eta_{\text{Дизеля}} (\rho = 2) = 0,627$
10	$g_e = 198$ г/(кВт·год); $\eta_e = 0,427$; $\eta_i = 0,503$; $\eta_{\text{Дизеля}} (\rho = 2) = 0,632$

Практичне заняття № 8

Варіант	Відповідь
1	I _{фар} = 9,2 А; I _{обігр} = 10,0 А; I _{вент} = 10,0 А; $\Sigma I = 29,2$ А; R _{пр} = 52,5 мОм; $\Delta U_{\text{вент}} = 0,53$ В (4,4 %); S _{min} (3 %) = 1,46 мм ² ; запобіжник ≈ 15 А
2	I _{фар} = 9,2 А; I _{обігр} = 12,5 А; I _{вент} = 12,5 А; $\Sigma I = 34,2$ А; R _{пр} = 40,8 мОм; $\Delta U_{\text{вент}} = 0,51$ В (4,3 %); S _{min} (3 %) = 2,13 мм ² ; запобіжник ≈ 20 А
3	I _{фар} = 10,0 А; I _{обігр} = 13,3 А; I _{вент} = 15,0 А; $\Sigma I = 38,3$ А; R _{пр} = 46,7 мОм; $\Delta U_{\text{вент}} = 0,70$ В (5,8 %); S _{min} (3 %) = 2,92 мм ² ; запобіжник ≈ 20 А
4	I _{фар} = 9,2 А; I _{обігр} = 15,0 А; I _{вент} = 16,7 А; $\Sigma I = 40,8$ А; R _{пр} = 31,5 мОм; $\Delta U_{\text{вент}} = 0,53$ В (4,4 %); S _{min} (3 %) = 3,65 мм ² ; запобіжник ≈ 25 А
5	I _{фар} = 10,8 А; I _{обігр} = 16,7 А; I _{вент} = 20,0 А; $\Sigma I = 47,5$ А; R _{пр} = 35,0 мОм; $\Delta U_{\text{вент}} = 0,70$ В (5,8 %); S _{min} (3 %) = 4,86 мм ² ; запобіжник ≈ 25 А
6	I _{фар} = 5,8 А; I _{обігр} = 10,0 А; I _{вент} = 12,5 А; $\Sigma I = 28,3$ А; R _{пр} = 70,0 мОм; $\Delta U_{\text{вент}} = 0,88$ В (3,6 %); S _{min} (3 %) = 1,82 мм ² ; запобіжник ≈ 20 А
7	I _{фар} = 6,2 А; I _{обігр} = 12,5 А; I _{вент} = 15,0 А; $\Sigma I = 33,8$ А; R _{пр} = 49,0 мОм; $\Delta U_{\text{вент}} = 0,73$ В (3,1 %); S _{min} (3 %) = 2,55 мм ² ; запобіжник ≈ 20 А
8	I _{фар} = 9,2 А; I _{обігр} = 12,5 А; I _{вент} = 13,3 А; $\Sigma I = 35,0$ А; R _{пр} = 46,7 мОм; $\Delta U_{\text{вент}} = 0,62$ В (5,2 %); S _{min} (3 %) = 2,59 мм ² ; запобіжник ≈ 20 А

9	$I_{\text{фар}} = 5,8 \text{ А}; I_{\text{обігр}} = 10,4 \text{ А}; I_{\text{вент}} = 11,7 \text{ А}; \Sigma I = 27,9 \text{ А}; R_{\text{пр}} = 93,3 \text{ мОм}; \Delta U_{\text{вент}} = 1,09 \text{ В} (4,5 \text{ \%}); S_{\text{min}}(3 \text{ \%}) = 2,27 \text{ мм}^2; \text{запобіжник} \approx 15 \text{ А}$
10	$I_{\text{фар}} = 10,0 \text{ А}; I_{\text{обігр}} = 14,2 \text{ А}; I_{\text{вент}} = 18,3 \text{ А}; \Sigma I = 42,5 \text{ А}; R_{\text{пр}} = 35,0 \text{ мОм}; \Delta U_{\text{вент}} = 0,64 \text{ В} (5,3 \text{ \%}); S_{\text{min}}(3 \text{ \%}) = 4,46 \text{ мм}^2; \text{запобіжник} \approx 25 \text{ А}$

Практичне заняття № 9

Варіант	Відповідь
1	$I_{\text{п}} = 293 \text{ А}; U = 10,26 \text{ В}; \text{на морозі } (r \times 2): I_{\text{п}} = 247 \text{ А}, U = 8,65 \text{ В}; \text{розряд на } 50 \text{ \% за } 31 \text{ доб.}$
2	$I_{\text{п}} = 254 \text{ А}; U = 10,16 \text{ В}; \text{на морозі } (r \times 2): I_{\text{п}} = 212 \text{ А}, U = 8,47 \text{ В}; \text{розряд на } 50 \text{ \% за } 29 \text{ доб.}$
3	$I_{\text{п}} = 221 \text{ А}; U = 9,95 \text{ В}; \text{на морозі } (r \times 2): I_{\text{п}} = 183 \text{ А}, U = 8,22 \text{ В}; \text{розряд на } 50 \text{ \% за } 25 \text{ доб.}$
4	$I_{\text{п}} = 266 \text{ А}; U = 10,11 \text{ В}; \text{на морозі } (r \times 2): I_{\text{п}} = 223 \text{ А}, U = 8,48 \text{ В}; \text{розряд на } 50 \text{ \% за } 21 \text{ доб.}$
5	$I_{\text{п}} = 343 \text{ А}; U = 10,30 \text{ В}; \text{на морозі } (r \times 2): I_{\text{п}} = 289 \text{ А}, U = 8,66 \text{ В}; \text{розряд на } 50 \text{ \% за } 62 \text{ доб.}$
6	$I_{\text{п}} = 238 \text{ А}; U = 9,98 \text{ В}; \text{на морозі } (r \times 2): I_{\text{п}} = 197 \text{ А}, U = 8,27 \text{ В}; \text{розряд на } 50 \text{ \% за } 29 \text{ доб.}$
7	$I_{\text{п}} = 376 \text{ А}; U = 10,54 \text{ В}; \text{на морозі } (r \times 2): I_{\text{п}} = 320 \text{ А}, U = 8,96 \text{ В}; \text{розряд на } 50 \text{ \% за } 54 \text{ доб.}$
8	$I_{\text{п}} = 210 \text{ А}; U = 10,50 \text{ В}; \text{на морозі } (r \times 2): I_{\text{п}} = 180 \text{ А}, U = 9,00 \text{ В}; \text{розряд на } 50 \text{ \% за } 14 \text{ доб.}$
9	$I_{\text{п}} = 310 \text{ А}; U = 10,22 \text{ В}; \text{на морозі } (r \times 2): I_{\text{п}} = 259 \text{ А}, U = 8,55 \text{ В}; \text{розряд на } 50 \text{ \% за } 27 \text{ доб.}$
10	$I_{\text{п}} = 260 \text{ А}; U = 9,38 \text{ В}; \text{на морозі } (r \times 2): I_{\text{п}} = 208 \text{ А}, U = 7,50 \text{ В}; \text{розряд на } 50 \text{ \% за } 30 \text{ доб.}$

Практичне заняття № 10

Варіант	Відповідь
1	$E = 10,0 \text{ В}; f = 146 \text{ Гц}; E_{\text{с}} = 300 \text{ В}; W = 1,12 \text{ мДж}$
2	$E = 15,0 \text{ В}; f = 283 \text{ Гц}; E_{\text{с}} = 360 \text{ В}; W = 0,86 \text{ мДж}$
3	$E = 20,0 \text{ В}; f = 376 \text{ Гц}; E_{\text{с}} = 500 \text{ В}; W = 0,75 \text{ мДж}$
4	$E = 15,0 \text{ В}; f = 637 \text{ Гц}; E_{\text{с}} = 240 \text{ В}; W = 1,30 \text{ мДж}$
5	$E = 24,0 \text{ В}; f = 713 \text{ Гц}; E_{\text{с}} = 800 \text{ В}; W = 0,64 \text{ мДж}$
6	$E = 12,0 \text{ В}; f = 76 \text{ Гц}; E_{\text{с}} = 288 \text{ В}; W = 1,15 \text{ мДж}$
7	$E = 10,8 \text{ В}; f = 195 \text{ Гц}; E_{\text{с}} = 385 \text{ В}; W = 1,08 \text{ мДж}$
8	$E = 22,0 \text{ В}; f = 342 \text{ Гц}; E_{\text{с}} = 477 \text{ В}; W = 0,79 \text{ мДж}$
9	$E = 15,6 \text{ В}; f = 461 \text{ Гц}; E_{\text{с}} = 576 \text{ В}; W = 0,65 \text{ мДж}$
10	$E = 19,2 \text{ В}; f = 663 \text{ Гц}; E_{\text{с}} = 480 \text{ В}; W = 1,01 \text{ мДж}$

Практичне заняття № 11

Варіант	Відповідь
1	$k = 150; U_2 \approx 30,0 \text{ кВ}; W = 54 \text{ мДж}; \text{іскор на секунду} = 100; \text{інтервал} = 10,0 \text{ мс}$

2	$k = 150$; $U_2 \approx 37,5$ кВ; $W = 84$ мДж; іскор на секунду = 133; інтервал = 7,5 мс
3	$k = 150$; $U_2 \approx 33,0$ кВ; $W = 98$ мДж; іскор на секунду = 167; інтервал = 6,0 мс
4	$k = 154$; $U_2 \approx 43,1$ кВ; $W = 90$ мДж; іскор на секунду = 200; інтервал = 5,0 мс
5	$k = 160$; $U_2 \approx 48,0$ кВ; $W = 98$ мДж; іскор на секунду = 175; інтервал = 5,7 мс
6	$k = 150$; $U_2 \approx 36,0$ кВ; $W = 108$ мДж; іскор на секунду = 150; інтервал = 6,7 мс
7	$k = 150$; $U_2 \approx 39,0$ кВ; $W = 110$ мДж; іскор на секунду = 275; інтервал = 3,6 мс
8	$k = 160$; $U_2 \approx 36,8$ кВ; $W = 106$ мДж; іскор на секунду = 217; інтервал = 4,6 мс
9	$k = 160$; $U_2 \approx 43,2$ кВ; $W = 99$ мДж; іскор на секунду = 167; інтервал = 6,0 мс
10	$k = 150$; $U_2 \approx 31,5$ кВ; $W = 91$ мДж; іскор на секунду = 233; інтервал = 4,3 мс

Практичне заняття № 12

Варіант	Відповідь
1	$v_0 = 1,41$ Гц; з вантажем $v = 1,24$ Гц; f колеса = 13,7 Гц; $s = 0,34$ м
2	$v_0 = 1,42$ Гц; з вантажем $v = 1,23$ Гц; f колеса = 14,0 Гц; $s = 0,51$ м
3	$v_0 = 1,43$ Гц; з вантажем $v = 1,22$ Гц; f колеса = 14,7 Гц; $s = 0,68$ м
4	$v_0 = 1,47$ Гц; з вантажем $v = 1,31$ Гц; f колеса = 15,0 Гц; $s = 0,85$ м
5	$v_0 = 1,46$ Гц; з вантажем $v = 1,30$ Гц; f колеса = 15,7 Гц; $s = 1,02$ м
6	$v_0 = 1,47$ Гц; з вантажем $v = 1,25$ Гц; f колеса = 12,4 Гц; $s = 0,59$ м
7	$v_0 = 1,47$ Гц; з вантажем $v = 1,30$ Гц; f колеса = 14,7 Гц; $s = 0,77$ м
8	$v_0 = 1,50$ Гц; з вантажем $v = 1,25$ Гц; f колеса = 12,7 Гц; $s = 0,42$ м
9	$v_0 = 1,56$ Гц; з вантажем $v = 1,27$ Гц; f колеса = 11,1 Гц; $s = 0,94$ м
10	$v_0 = 1,59$ Гц; з вантажем $v = 1,30$ Гц; f колеса = 9,8 Гц; $s = 0,26$ м

Практичне заняття № 13

Варіант	Відповідь
1	$E(r_1) = 25,0$ лк; $E(r_2) = 4,00$ лк; $E(\alpha) = 21,7$ лк; α_0 скло–повітря = 41,8°; $P_{гал} = 45$ Вт; $P_{LED} = 11,1$ Вт; $I_{гал} = 3,8$ А; $I_{LED} = 0,93$ А
2	$E(r_1) = 19,2$ лк; $E(r_2) = 3,33$ лк; $E(\alpha) = 14,7$ лк; α_0 скло–повітря = 41,8°; $P_{гал} = 60$ Вт; $P_{LED} = 12,0$ Вт; $I_{гал} = 5,0$ А; $I_{LED} = 1,00$ А
3	$E(r_1) = 16,7$ лк; $E(r_2) = 2,67$ лк; $E(\alpha) = 11,8$ лк; α_0 скло–повітря = 41,8°; $P_{гал} = 58$ Вт; $P_{LED} = 12,7$ Вт; $I_{гал} = 4,9$ А; $I_{LED} = 1,06$ А
4	$E(r_1) = 28,8$ лк; $E(r_2) = 2,81$ лк; $E(\alpha) = 18,5$ лк; α_0 скло–повітря = 41,8°; $P_{гал} = 60$ Вт; $P_{LED} = 12,5$ Вт; $I_{гал} = 5,0$ А; $I_{LED} = 1,04$ А
5	$E(r_1) = 12,5$ лк; $E(r_2) = 2,00$ лк; $E(\alpha) = 6,3$ лк; α_0 скло–повітря = 41,8°; $P_{гал} = 73$ Вт; $P_{LED} = 16,8$ Вт; $I_{гал} = 6,1$ А; $I_{LED} = 1,40$ А
6	$E(r_1) = 10,0$ лк; $E(r_2) = 1,74$ лк; $E(\alpha) = 8,2$ лк; α_0 скло–повітря = 41,8°; $P_{гал} = 52$ Вт; $P_{LED} = 10,5$ Вт; $I_{гал} = 4,4$ А; $I_{LED} = 0,87$ А
7	$E(r_1) = 12,0$ лк; $E(r_2) = 1,33$ лк; $E(\alpha) = 6,9$ лк; α_0 скло–повітря = 41,8°; $P_{гал} = 57$ Вт; $P_{LED} = 10,0$ Вт; $I_{гал} = 4,7$ А; $I_{LED} = 0,83$ А
8	$E(r_1) = 17,8$ лк; $E(r_2) = 1,98$ лк; $E(\alpha) = 16,7$ лк; α_0 скло–повітря = 41,8°; $P_{гал} = 60$ Вт; $P_{LED} = 10,7$ Вт; $I_{гал} = 5,0$ А; $I_{LED} = 0,89$ А
9	$E(r_1) = 13,8$ лк; $E(r_2) = 1,82$ лк; $E(\alpha) = 12,5$ лк; α_0 скло–повітря = 41,8°; $P_{гал} = 71$ Вт; $P_{LED} = 14,8$ Вт; $I_{гал} = 5,9$ А; $I_{LED} = 1,23$ А

10	$E(r_1) = 7,8$ лк; $E(r_2) = 1,43$ лк; $E(\alpha) = 6,0$ лк; α_0 скло–повітря = $41,8^\circ$; $R_{\text{гал}} = 90$ Вт; $P_{\text{LED}} = 14,4$ Вт; $I_{\text{гал}} = 7,5$ А; $I_{\text{LED}} = 1,20$ А
----	---

Практичне заняття № 14

Варіант	Відповідь
1	$\lambda = 658$ нм; $\nu = 4,56 \cdot 10^{14}$ Гц; $E_{\text{ф лазера}} = 1,96$ еВ; $s = 3,0$ м
2	$\lambda = 592$ нм; $\nu = 5,07 \cdot 10^{14}$ Гц; $E_{\text{ф лазера}} = 1,91$ еВ; $s = 6,0$ м
3	$\lambda = 488$ нм; $\nu = 6,15 \cdot 10^{14}$ Гц; $E_{\text{ф лазера}} = 2,34$ еВ; $s = 9,0$ м
4	$\lambda = 412$ нм; $\nu = 7,29 \cdot 10^{14}$ Гц; $E_{\text{ф лазера}} = 1,37$ еВ; $s = 15,0$ м
5	$\lambda = 753$ нм; $\nu = 3,98 \cdot 10^{14}$ Гц; $E_{\text{ф лазера}} = 1,59$ еВ; $s = 30,0$ м
6	$\lambda = 552$ нм; $\nu = 5,43 \cdot 10^{14}$ Гц; $E_{\text{ф лазера}} = 1,86$ еВ; $s = 5,0$ м
7	$\lambda = 435$ нм; $\nu = 6,90 \cdot 10^{14}$ Гц; $E_{\text{ф лазера}} = 1,46$ еВ; $s = 12,0$ м
8	$\lambda = 625$ нм; $\nu = 4,80 \cdot 10^{14}$ Гц; $E_{\text{ф лазера}} = 3,07$ еВ; $s = 22,5$ м
9	$\lambda = 471$ нм; $\nu = 6,37 \cdot 10^{14}$ Гц; $E_{\text{ф лазера}} = 1,17$ еВ; $s = 37,5$ м
10	$\lambda = 366$ нм; $\nu = 8,21 \cdot 10^{14}$ Гц; $E_{\text{ф лазера}} = 1,32$ еВ; $s = 75,0$ м

Практичне заняття № 15

Варіант	Відповідь
1	$N/N_0 = 0,125$ (12,5 %); доза за t роботи на $r_0 = 40$ мкЗв; відстань для H доп. $\approx 2,0$ м; скорочення часу вдвічі $\rightarrow$ доза $\times 0,5$; відстані вдвічі більше $\rightarrow \times 0,25$
2	$N/N_0 = 0,125$ (12,5 %); доза за t роботи на $r_0 = 50$ мкЗв; відстань для H доп. $\approx 1,6$ м; скорочення часу вдвічі $\rightarrow$ доза $\times 0,5$; відстані вдвічі більше $\rightarrow \times 0,25$
3	$N/N_0 = 0,125$ (12,5 %); доза за t роботи на $r_0 = 60$ мкЗв; відстань для H доп. $\approx 2,8$ м; скорочення часу вдвічі $\rightarrow$ доза $\times 0,5$; відстані вдвічі більше $\rightarrow \times 0,25$
4	$N/N_0 = 0,062$ (6,2 %); доза за t роботи на $r_0 = 60$ мкЗв; відстань для H доп. $\approx 2,0$ м; скорочення часу вдвічі $\rightarrow$ доза $\times 0,5$; відстані вдвічі більше $\rightarrow \times 0,25$
5	$N/N_0 = 0,031$ (3,1 %); доза за t роботи на $r_0 = 90$ мкЗв; відстань для H доп. $\approx 3,8$ м; скорочення часу вдвічі $\rightarrow$ доза $\times 0,5$; відстані вдвічі більше $\rightarrow \times 0,25$
6	$N/N_0 = 0,125$ (12,5 %); доза за t роботи на $r_0 = 50$ мкЗв; відстань для H доп. $\approx 2,2$ м; скорочення часу вдвічі $\rightarrow$ доза $\times 0,5$; відстані вдвічі більше $\rightarrow \times 0,25$
7	$N/N_0 = 0,062$ (6,2 %); доза за t роботи на $r_0 = 60$ мкЗв; відстань для H доп. $\approx 1,7$ м; скорочення часу вдвічі $\rightarrow$ доза $\times 0,5$; відстані вдвічі більше $\rightarrow \times 0,25$
8	$N/N_0 = 0,125$ (12,5 %); доза за t роботи на $r_0 = 50$ мкЗв; відстань для H доп. $\approx 3,2$ м; скорочення часу вдвічі $\rightarrow$ доза $\times 0,5$; відстані вдвічі більше $\rightarrow \times 0,25$
9	$N/N_0 = 0,062$ (6,2 %); доза за t роботи на $r_0 = 40$ мкЗв; відстань для H доп. $\approx 2,0$ м; скорочення часу вдвічі $\rightarrow$ доза $\times 0,5$; відстані вдвічі більше $\rightarrow \times 0,25$
10	$N/N_0 = 0,031$ (3,1 %); доза за t роботи на $r_0 = 88$ мкЗв; відстань для H доп. $\approx 2,1$ м; скорочення часу вдвічі $\rightarrow$ доза $\times 0,5$; відстані вдвічі більше $\rightarrow \times 0,25$

6.2. Відповіді до розрахункових задач модульного контролю № 1

Задача	Відповідь
1	$a = 2,08$ м/с ² ; $s_{\text{розг}} = 150$ м; $t_{\text{г}} = 3,8$ с; $s_{\text{г}} = 48,1$ м; $s_{\text{зуп}} = 73,1$ м
2	$F_{\text{ф}} = 206$ Н; $F_{\text{в}} = 311$ Н; $F_{\text{п}} = 687$ Н; $F_{\text{т}} = 1204$ Н; $N_{\text{к}} = 33,4$ кВт

3	$s_{\text{сyx}} = 27,2 \text{ м}$; $s_{\text{мокр}} = 51,0 \text{ м}$; $s_{\text{лід}} = 204 \text{ м}$; безпечна швидкість на мокрому $\approx 53 \text{ км/год}$
4	$P = 88,0 \text{ кВт}$; $T = 120 \text{ к.с.}$; $F_{T1} = 10326 \text{ Н}$; $F_{3ч} = 6000 \text{ Н}$; $F_{T1} > F_{3ч}$ — можливе буксування
5	$E_k = 720 \text{ кДж}$; $\Delta T \approx 65 \text{ К}$
6	$R_1 = 7603 \text{ Н}$; $R_2 = 5150 \text{ Н}$; $\Delta R = 1650 \text{ Н}$; під час гальмування $R_1 = 9253 \text{ Н}$, $R_2 = 3500 \text{ Н}$
7	$k = 23,1 \text{ кН/м}$; $p = 3,16 \text{ МПа}$; $F_2 = 7,23 \text{ кН}$
8	$p(-20 \text{ }^\circ\text{C}) = 1,96 \text{ бар}$; $p(+65 \text{ }^\circ\text{C}) = 2,95 \text{ бар}$ (надлишковий)
9	$\varepsilon = 10$; $T_2 = 829 \text{ К}$ ($556 \text{ }^\circ\text{C}$); для дизеля $T_2 = 1072 \text{ К}$ ($799 \text{ }^\circ\text{C}$)
10	$Q = 8,56 \text{ МДж}$; $m_{\text{бенз}} = 649 \text{ г}$
11	$g_e = 259 \text{ г/(кВт}\cdot\text{год)}$; $\eta_e = 0,316$; $\eta_t = 0,610$
12	$\Delta d = 0,34 \text{ мм}$; $\Delta l = 0,48 \text{ мм}$

6.3. Відповіді до розрахункових задач модульного контролю № 2

Задача	Відповідь
1	$I_{\text{фар}} = 10,0 \text{ А}$; $I_{\text{обігр}} = 15,0 \text{ А}$; $I_{\text{вент}} = 20,0 \text{ А}$; $\Sigma I = 45,0 \text{ А}$; $R_{\text{пр}} = 28 \text{ мОм}$; $\Delta U = 0,56 \text{ В}$ ($4,7 \%$); запобіжник 25 А
2	$I_{\text{п}} = 268 \text{ А}$; $U = 10,19 \text{ В}$; на морозі $I_{\text{п}} = 208 \text{ А}$; $U = 7,91 \text{ В}$
3	$\tau(45 \text{ мА}) \approx 28 \text{ діб}$; $I_{\text{габ}} = 0,83 \text{ А}$; $\tau \approx 36 \text{ год}$
4	$I = 4,58 \text{ А}$; $R_{\text{гар}} = 2,62 \text{ Ом}$; $R_{\text{хол}} = 0,218 \text{ Ом}$; $I_{\text{пуск}} \approx 55 \text{ А}$
5	$F = 27 \text{ Н}$
6	$E = 25,0 \text{ В}$; $f = 509 \text{ Гц}$
7	$E_c = 450 \text{ В}$; $W = 1,35 \text{ мДж}$
8	$k = 150$; $U_2 = 39,0 \text{ кВ}$; $W = 95 \text{ мДж}$; 180 іскор/с ; інтервал $5,6 \text{ мс}$
9	$\nu_0 = 1,50 \text{ Гц}$; ν з вантажем $= 1,30 \text{ Гц}$; $f_{\text{кол}} = 14,3 \text{ Гц}$
10	$\lambda = 8,5 \text{ мм}$; $s = 0,71 \text{ м}$
11	$E(30 \text{ м}) = 20,0 \text{ лк}$; $E(90 \text{ м}) = 2,22 \text{ лк}$; $E(40^\circ) = 15,3 \text{ лк}$; $\alpha_0 = 41,8^\circ$
12	$E_{\text{ф}} = 1,91 \text{ еВ}$; $\lambda = 540 \text{ нм}$; $s = 30 \text{ м}$
13	$N/N_0 = 1/16$ ($6,25 \%$); $D = 60 \text{ мкЗв}$; $r \approx 2,0 \text{ м}$