

УДК 926 (В.Г. Гриневецький)

Внесок В. Г. Гриневецького в розвиток конструкцій парових машин

Payment of V. I. Grinevetsky in development of constructions of steam-engines

Юлія Косовець ¹

Yuliya Kosovets

¹ Кафедра екології та безпеки життєдіяльності, Державний економіко-технологічний університет транспорту, Київ, Україна
uzt@inbox.ru

Ключові слова:

В. Г. Гриневецький, теплотехніка, двигун внутрішнього згорання, робочі процеси парових машин, парова машина, тепловоз

Анотація: Гриневецький Василь Гнатович (1871-1919) – вчений у сфері теплотехніки, професор (1900). Вперше у світі зробив тепловий розрахунок двигуна внутрішнього згорання (1907); запропонував закінчену схему теплового розрахунку котлоагрегату, розробив теорію робочого процесу парової машини, створив проекти комбінованих теплосилових пристроїв (установок) У 1909 р. за проектом В. Г. Гриневецького було збудовано двохтактний двигун внутрішнього згорання подвійного розширення для тепловозу. У наукових працях В. Г. Гриневецького дається правильна оцінка значення тепловозної тяги, накреслені шляхи конструювання тепловозів. Зроблено висновок, що В.Г. Гриневецький вирішив низку завдань в галузі теплотехнічних випробовувань парової машини. Першими кроками молодого вченого у цьому напрямку було проектування машин, особливо багато уваги він присвятив питанням термодинаміки. Потрібно зазначити, що протягом усього його творчого життя сфера його наукових інтересів полягала в дослідженні робочих процесів парових машин і двигунів внутрішнього згорання. Займаючись питаннями проектування парових машин, вчений підкреслював, що в наукових колах багато уваги приділялось їх конструкціям і відносно мало фізичним процесам всередині них. Формуючись як молода наукова особистість, власні наукові дослідження він розпочав спочатку у сфері проектування парових машин, а вже тільки згодом перейшов до теплотехнічних процесів.

Key words:

Grinevetsky Vasil Ignatievich, heating engineering, engine of internal combustion, working processes of steam-engines, steam-engine, diesel engine

Abstract— Grinevetsky Vasil Ignatievich (1871-1919) is researcher in the field of heat engineering, professor (1900). He was first in the world who made thermic calculation for internal combustion engine (1907), proposed scheme thermic calculation for boiler unit developed the theory of workflow steam engine Created projects combined thermal power devices. In 1909, according to the project V. Grinevetsky was created two-stroke internal combustion engine double extension for locomotive. In his academic writings, V. Grinevetsky correctly assesses the value of locomotive traction, defined the ways of constructing locomotives. In the article concluded that V. Grinevetsky solves a number of problems in testing thermal steam engine. The first steps of a young scientist in this direction has been designing vehicles, especially much attention he paid to the question of thermodynamics. It should be noted that throughout the creative life V. Grinevetsky scope of his scientific interests was to study workflow steam engines and internal combustion engines. Pursuing the design of steam engines scientist pointed out that in scientists to much attention paid to design and relatively engines, but less attention was paid to the physical processes within them. Their scientific researches V. Grinevetsky started first at the design of steam engines, and later he moved to thermal processes.

Василь Гнатович Гриневецький народився 2 червня 1871 р. в м. Києві у сім'ї залізничника, службовця, статського радника Г. Ф. Гриневецького [1]. В дитинстві сім'я В. Г. Гриневецького переїхала до Казані, де хлопчик отримав початкову освіту. В 1889 р. він вступив до Імператорського Московського технічного училища (ІМТУ). Надалі усе його життя, трудова і наукова діяльність була пов'язана саме із цим навчальним закладом. Закінчивши ІМТУ у 1896 р. В. Г. Гриневецький залишився у цьому навчальному закладі, отримавши посаду викладача деталей машин і проектування на механічному відділенні [2]. Через 6 років, у 1902 р. він став професором кафедри прикладної механіки і машинобудування. Із самого початку своєї науково-педагогічної діяльності Василь Гнатович надавав величезного значення принципам і методам

навчального процесу і, опираючись на зарубіжний досвід, активно розвивав свій метод викладання, у якому найголовнішою метою було поєднання вивчення фундаментальних і спеціальних дисциплін із експериментом і практичною підготовкою.

З роками зростав авторитет В. Г. Гриневецького в ІМТУ. Так, у 1914 р., після смерті першого директора ІМТУ О. П. Гавриленка, посаду керівника училища зайняв В.Г. Гриневецький [3]. Він продовжив, у цей непростий для країни час, важливу справу політехнізації вищої технічної школи в ІМТУ. За його керівництва в училищі було розширено кількість випускаючих спеціальностей, створено нові факультети, оснащено лабораторії новим обладнанням, збудовано бібліотеку, започатковано видання журналів «Вестник инженеров» і «Вестник прикладной химии и химической технологии».



Гриневецький Василь Гнатович (1871-1919)

6 березня 1917 р. Училище отримало статус вищого навчального закладу. Першим ректором цього навчального закладу заслужено став В. Г. Гриневецький. За часи головування Василя Гнатовича вуз підготував таких у майбутньому видатних конструкторів як Б. С. Стечкін, О. М. Туполєв та інші.

Блискуче життя цієї геніальної людини, талановитого вченого, обірвалось трагічно 31 березня 1919 року. Перебуваючи в Катеринодарі (тепер Краснодар Російської Федерації) за робочими справами він захворів на сипний тиф і помер від ускладнень. В Катеринодарі його і поховано [4].

Науково-педагогічна діяльність Василя Гнатовича розпочалась саме в той час, коли у світовій промисловості потужно використовували парові котли. Першими кроками молодого вченого у цьому напрямку було проектування машин, особливо багато уваги він присвятив питанням термодинаміки. Потрібно зазначити, що впродовж всього творчого життя сфера його наукових інтересів полягала у дослідженні робочих процесів парових машин і двигунів внутрішнього згорання. Займаючись питаннями проектування парових машин, вчений підкреслював, що в наукових колах багато уваги приділялось їхнім конструкціям і відносно мало фізичним процесам всередині них. Формуючись як молода наукова особистість, власні наукові дослідження він розпочав спочатку у сфері проектування парових машин, а вже тільки згодом перейшов до теплотехнічних процесів.

Здійснивши аналіз стану практичного проектування парових машин, В. Г. Гриневецький

розробив власну концепцію проектування парових машин із спрямуванням на вищу технічну школу, підкреслюючи, що питання проектування є найважливішим і найскладнішим у загальному процесі вищої технічної освіти, особливо у механічній та інженерно-будівельній спеціальностях [5, С. 383]. «Проектування найбільш яскраво відображає сутність інженерної діяльності і саму високу її сторону – творчість. Найголовнішим у проектуванні, – писав вчений, – є принцип досягнення технічно правильного і економічно вигідного результату у застосуванні до умов конкретного випадку» [6, С. 464]. Вчений зазначав, що технічно правильних рішень може бути багато, але точкою відліку має бути саме економічно-вигідне рішення у проекті. Важливість економічної основи у проектуванні вчений підкреслював майже у всіх своїх наукових працях, і наголошував, що економічний фактор пов'язує між собою усі технічні і фізичні умови.

В. Г. Гриневецький виділив вісім основних груп технічних умов, які потрібно було обов'язково враховувати під час проектування:

- умови просторового комбінування частин, які виконуються в результаті послідовного наближення рішення на основі проектного ескізу;

- кінематичні умови, що застосовуються, опираючись на закони руху частин, їх траєкторії, швидкості, прискорення в нормальному стані і при зношуванні;

- динамічні умови, які характеризують величини, напрями діючих у машині зовнішніх сил, охоплюючи завдання передавання сил між деталями, і враховуючи фізичне передавання сил між поверхневими і внутрішніми напруженнями;

- умови міцності включають деформації і напруження матеріалу, зміни його структури і ступеня надійності конструкції;

- технологічні умови виконання – сукупність питань, пов'язаних з тим обладнанням, яке є в майстернях, з технологічними процесами обробки, з матеріалом, його якістю і формою;

- практичні умови застосування охоплювали всі питання, пов'язані із існуванням машини в нормальному робочому стані, а саме умови збирання і встановлення парової машини, підтримання її в робочому стані;

- фізичні умови застосування характеризували робочі процеси парової машини, її потужність і економічність в залежності від фізичних властивостей робочих тіл;

- технологічні умови застосування охоплювали промислове призначення парової машини, її роль в промислових процесах [6, С. 466].

В. Г. Гриневецький, який все своє життя присвятив педагогічному процесу у вищій технічній школі, зазначав, що перед студентами, які завтра професійно «виростуть» у талановитих науковців і інженерів, потрібно правильно пояснити поняття технічної творчості, своєрідності підходу до вирішення технічної творчості, своєрідності підходу до вирішення питання, застосування власних здібностей, досвіду, широти мислення, використання дослідних даних, які є

обов'язковими у роботі конструктора. «Найвища точність проектування, – зазначав вчений, – опирається на ясність уявлень дійсності у всій її складності і полягає в повноті передбачення і точності оцінки усіх умов даного випадку, у відповідності результату принципу технічної правильності і економічної вигідності, а не в узгодженні виконуваного і обчисленого, і не в деталях і тонкощах аналітичних висновків на умовно прийнятих засадах» [6, С. 477].

Методика проектування парових машин В. Г. Гриневецького була представлена вченим як поєднання теоретичних і практичних знань. Призначення, властивості і основні ознаки майбутньої машини вчений будував на основі емпіричних спостережень і практичних відомостей. Морфологічний опис він здійснював шляхом поділу машини на складові частини, визначенням складу і взаємозв'язків елементів, загального «рішення проектного ескізу». А функціональний опис у проектуванні поєднував залежності між частинами об'єкту проектування і промислове призначення машини, зокрема розгляд машини з позиції її ролі, місця і ефективності в конкретному виробництві.

Таким чином, можна зробити висновок, що, опираючись на знання, методи і погляди свого часу у галузі машинобудування, вчений вперше представив науково-технічному співтовариству системне уявлення про проектування парових машин, а також вперше здійснив спробу теоретичного осмислення проектувальної діяльності в машинобудуванні [5].

Першою фундаментальною науковою працею в напрямку вивчення теплотехнічних процесів в парових машинах стала «Теорія парових машин» (1901) [7]. Ця робота довгий час була підручником для студентів, які навчалися на курсі у В. Г. Гриневецького. Загалом, це була одна із найголовніших праць вченого, яка витримала декілька видань із значними доповненнями за результатами досліджень, які вчений регулярно здійснював впродовж життя [8, 9]. Починаючи роботу, В. Г. Гриневецький підкреслював, що найкраще розподіляти матеріал за природою явищ, що вивчаються, і тому розділив весь цей курс на 3 основні частини: зовнішність робочого процесу; економіка робочого процесу; динаміка робочого процесу. Зокрема, він підкреслював, що технічне застосування цього матеріалу вимагає чіткої яви дійсного зв'язку усіх явищ робочого процесу, тому додав ще й четверту частину, систематичну, – проектування робочого процесу, яка була представлена як розрахунок парової машини.

Предметом розділу «Зовнішність робочого процесу» В.М. Гриневецький назвав зовнішні явища робочого процесу, які характеризували зміни його стану в циліндрі і спостерігались за допомогою індикатора. Ці явища були пов'язані єдністю методу дослідження і частково єдністю їхнього фізичного характеру. Основними завданнями цього першого розділу вчений назвав:

- побудову схеми індикаторної діаграми;
- вивчення відхилень дійсних діаграм від цієї схеми;

- дослідження деяких причин цих відхилень;
- вивчення зв'язку між елементами діаграми;
- проектування індикаторних діаграм.

Вивчення робочого процесу вчений розпочав з його найпростіших форм і невдовзі перейшов до з'ясування більш складніших процесів з багатократним розширенням. Він зазначав, що закони змінення стану пари можна представляти і аналітично, але тільки в певних випадках, а для складних випадків пропонував графічний метод індикаторних діаграм, яким виключно і користувався. Індикаторна діаграма, зазначав він, вказує фази зміни пари в циліндрі. Теоретична індикаторна діаграма являє собою спрощену схему робочого процесу, тобто є робочою індикаторною діаграмою. Дослідження у цій частині, з одного боку, спиралось на деякі прості припущення, а, з іншої, його фундаментом стало вивчення дійсних явищ робочого процесу за індикаторними діаграмами, знятими у різних умовах. Як результат, це дослідження було сформовано як систематизація висновків, отриманих дослідним шляхом.

Предметом частини «Економіка робочого процесу» стали термічна сторона змін стану пари в циліндрі, дослідження робочого процесу зі сторони його економічності, вивчення засобів до підвищення економічності.

В. Г. Гриневецький підкреслював, що серйозне і повне вивчення складних явищ такого роду можливе лише на тлі попереднього ознайомлення із зовнішністю робочого процесу. І тими його умовами, які можна безпосередньо спостерігати. Тому основними завданнями другої частини курсу стали:

- вибір і дослідження ідеального процесу;
- вивчення методів точного дослідження парової машини з термічної сторони;
- вивчення методів оцінки економічності процесу, зокрема порівняння ідеального і дійсного процесу за допомогою теплових діаграм;
- втрати дійсного робочого процесу у порівнянні з ідеальним;
- дослідження окремих втрат, їх причин і їх взаємного зв'язку, вивчення засобів для зменшення втрат і збільшення економічності;
- визначення засобів для розширення границь температури;
- опис умов найбільшої економічності процесу.

Останні три пункти вчений вважав найголовнішими завданнями курсу в цій частині. Для дослідження багатьох питань цього розділу вчений застосовував метод теплових діаграм, що значно спрощувало роботу. Теплова діаграма, за визначенням вченого – це крива, яка являє собою визначення змін стану тіла.

В. Г. Гриневецький підкреслював, що завдання цієї частини даного фундаментального дослідження вимагають більш глибокого проникнення у природу явищ робочого процесу, ніж у першому розділі. В даному випадку дослідний матеріал є ще більш важливим у якості фундаменту усіх досліджень. «Теоретичні висновки через складність явищ ризикують отримати репутацію

неправильних без цієї дослідної опори, як показує історія дослідження предмету», – зазначав вчений [7, С. 75]. Зокрема, він прагнув знайти критерій для оцінки економічності дійсної парової машини, познайомитись із всіма протидіючими факторами і способами послаблення їх впливу, підкреслюючи, що на практиці економічність роботи машини оцінювалась за кінцевим результатом – ефективною роботою і за затратами тепла або кількості палива для неї.

На початку ХХ ст. у машинобудуванні теоретична наука йшла на крок попереду практичної. Проблема полягала в тому, що не вистачало систематизації знань, узагальнення відомостей, підтверджених теорією. Тому, зазвичай, на практиці використовували теоретичні схеми, процеси, явища, які не завжди були підтверджені практикою, але використовувались як аксіома. Василь Гнатович був противником таких методів. Один із таких випадків простежується у його дослідженнях стосовно втрат парового процесу. Вирішуючи це питання, В. Г. Гриневецький зазначав, що для визначення втрат дійсного процесу парової машини у порівнянні з ідеальним, який здійснюється без витрат, але при наявності тих самих частин машини, потрібно дійсний процес порівнювати із процесом Ранкіна, а не процесом Карно, адже в останньому не було витрат тепла під час живлення котла. Натомість як в дійсному процесі тепло витрачається на нагрівання води. В результаті цього дослідження В. Г. Гриневецький отримав можливість оцінити ступінь термічної досконалості парової машини за допомогою науково-точного критерію, який дає теорія у вигляді процесу ідеальної машини Ранкіна.

Далі, у процесі виявлення причин недосконалості роботи і характеру втрат вчений, за допомогою теплової діаграми, провів калориметричне дослідження парових машин за методом Гірна. Це дозволило знайти розміри обміну теплоти між парою і стінками, що В. Г. Гриневецький вважав однією із головних причин втрат теплової енергії. А провівши співставлення різних родів машин за втратами в роботі і обміну тепла між парою і стінками, вчений, зокрема, визначив, що однією із докорінних причин економічності машин Компаунд у порівнянні із машинами простого розширення є раціональність багатократного розширення пари при наявності недосконалості процесу дійсної машини.

Предметом третьої частини «Динаміка робочого процесу» стали динамічні питання роботи парової машини, які перебували у тісному зв'язку із умовами робочого процесу. Ця частина в роботі опиралася на висновки перших двох. Її завданнями було:

- дослідження механічного коефіцієнту;
- дослідження умов спокою ходу машини в залежності від форм робочого процесу і сили інерції передаточного механізму;
- розгляд зрівняння ходу маховиків;
- розгляд урівноваження мас, що рухаються, для стійкості фундаменту.

Застосовуючи висновки перших трьох розділів відносно різних сторін робочого процесу і їх

комбінування в одне ціле відповідно до дійсного зв'язку явищ, вчений приступив до написання наступного розділу «Проектування робочого процесу». Найголовнішим завданням у цій частині праці вчений вважав проектування найбільш раціонального робочого процесу, застосованого до кожного конкретного випадку із найкращими вимогами економіки, динаміки і конструкції. Зокрема, у визначенні методів рішення, у розгляді емпіричних даних і в розумінні зв'язку між іншими частинами [7].

Одним із важливих приладів парової машини був індикатор. Як зазначав В. Г. Гриневецький, це був дуже важливий, делікатний і дорогий прилад, без якого робота парової машини була неможлива, і який застосовувався для автоматичного отримання індикаторної або робочої діаграми робочого процесу парової машини, вибухового двигуна, холодильної машини, компресора і насоса.

У 1902 р. вийшла друком наукова праця В.Г. Гриневецького «Теорія індикатора і поводження з ним» [10], яка була побудована у вигляді курсу лекцій для студентів, що навчались у вченого. У праці він описав усі необхідні положення з підготовки індикатора до роботи, встановлення його на машину, основні принципи роботи, перевірки механізмів і їх роботи, конструкції допоміжних частин індикатора, які поєднували його з циліндром і холодозмішувачем.

Ця робота стала детальною інструкцією з використання індикатора для парової машини. В. Г. Гриневецький розділив роботу на дві частини. У першій він з'ясував умови правильної роботи і перевірки індикатора, вказав умови можливої точності його роботи, спираючись на практичну сторону цього питання. У другій частині провів низку теоретичних досліджень, підкреслюючи, звичайно, дуже важливу експериментальну складову цих досліджень, яка, на той час була ще досить неповною.

У своїй дослідженнях В. Г. Гриневецький користувався динамічною теорією індикатора Флігнера (Fliegner) для того, щоб розглянути питання співвідношення між індикаторним і дійсним тиском пари в циліндрі. Дослідив питання опору руху в індикаторі та їх вплив на хвилі діаграм, залежності хвиль від масштабу пружини і наведених мас. Після чого зробив висновки, підтверджені дослідженнями і емпірично виробленими правилами, про те, що:

- індикаторна діаграма точно вказує дійсний тиск у циліндрі індикатора;
- опір руху індикатора дуже сильно залежить від натиску олівця і пропорційний швидкості поршня індикатора;
- хвилясті лінії отримуються внаслідок інерції мас індикатора і поступово згладжуються під впливом опору руху;
- швидкість затухання хвиль на діаграмі перебуває у зворотному відношенні до числа обертів машини, у зворотній залежності від початкової амплітуди і приведеної маси механізму, в прямій залежності від опорів руху;

– значний опір руху від поганого змазування значно спотворює і скорочує діаграму [10].

У своїх наукових працях і доповідях В. Г. Гриневецький зазначав, що норми для оцінки економічності парової машини на той час були дуже різноманітними, багато з яких теоретично були зовсім не обумовлені. На той час на практиці економічність роботи парової машини оцінювалась за кінцевим результатом – ефективній роботі і витратам тепла або кількості палива для неї. Опираючись на ці положення, вчений поставив перед собою мету визначити витрати дійсного процесу парової машини у порівнянні з ідеальним, який здійснювався без втрат, але при наявності складових частин дійсної (справжньої) парової машини. Це поставлене перед собою завдання вчений зміг виконати в науковій праці «Економіка робочого процесу парової машини» (1906) [11], в якій застосував теплову діаграму до водяної пари, знайшов критерії для оцінки економічності дійсної парової машини, розглянув усі протидіючі фактори і способи ослаблення їх впливу.

Вчений знов підкреслював, що у якості ідеального процесу слід застосовувати процес Ранкіна, а не процес Карно, про що він раніше говорив ще у своїй першій роботі «Теорія парових машин» (1902, 1906, 1926). Окремі положення тієї роботи знайшли вже в даній праці своє широке розгорнуте висвітлення, доповнене теоретичними розрахунками і висновками. Тобто, зумів оцінити ступінь термічної досконалості дійсної парової машини за допомогою науково-точного критерію, який дала йому теорія у вигляді ідеального процесу парової машини Ранкіна, що стало фундаментом для наступних досліджень термічної досконалості парової машини.

Далі вчений здійснив калориметричне дослідження дійсної парової машини за методом Гірна з метою визначення розмірів обміну теплоти між парою і стінками, що, на його думку, було однією з головних причин втрат і недосконалості роботи машини із застосуванням індикаторної діаграми. Наступним кроком збудував теплову діаграму¹ і переніс на неї індикаторну.

Займаючись їх порівнянням, В. Г. Гриневецький запропонував прийом перенесення індикаторної діаграми на теплову, в результаті чого зміг визначити втрати в роботі дійсної машини у порівнянні із ідеальною і обмін тепла по тепловій діаграмі.

Проводячи це порівняння, В. Г. Гриневецький звернув увагу на те, що у зворотньому процесі рух пари досить повільний, пружність її дорівнює зовнішньому тиску і точно відображається діаграмою, жива сила її дорівнює нулю і до рівняння енергії не входить. Для дійсного процесу індикаторна діаграма не передає точного тиску, пануючого у всій масі пару, – цей тиск і стан пари неоднаковий для всіх частинок, пар не перебуває у стані рівноваги, його живі сили повинні увійти в рівняння енергії. Але, підкреслив вчений, ці відхилення настільки малі і не впливають на точність рівняння енергії, що при наступних дослідженнях можна знехтувати живою силою пари в рівнянні енергії і

зупинитись на висновку, що індикаторна діаграма досить точно вказує на тиск пари в циліндрі.

У подальших дослідженнях В. Г. Гриневецький співставив дійсні і уявні зміни на всіх етапах і, таким чином, вивів необхідні обмеження, які залежали від властивостей дійсних змін, представлені тепловою діаграмою. Із цього вченому стало зрозуміло, що незворотність процесу і незамкненість змін не заважає перенесенню індикаторної діаграми на теплову, дозволяючи при цьому графічно знаходити стани пари на кривих розширення і стиснення і обмін теплом на всі періоди. Тобто, тепла діаграма не втрачає своїх цінних практичних властивостей, а її теоретична точність є такою самою, як і для індикаторної діаграми і для будь-якого аналітичного калориметричного дослідження пари. Також вчений графічно довів аналітичне положення відомого вченого, спеціаліста в галузі механіки парових двигунів Г. Цейнера, зазначаючи, що незворотність впускання в шкідливий простір і в робочу частину циліндра прагне збільшити паровміщення і висушує пару.

В. Г. Гриневецький визначив, що усі втрати парового процесу тісно пов'язані між собою, і зміни чи знищення одної з них спричиняє зміни інших. Через цей зв'язок тепла діаграма не давала можливості визначити повний вплив будь-якої причини втрат, який було б знайдено, якби можна було б порівняти дійсну роботу із ідеальною, при якій цю причину було б знищено. Але все ж таки, підкреслював вчений, тепла діаграма досить просто вказує на значну долю цих прямих втрат у порівнянні із непрямыми, які показували зміни інших втрат при незалежності змін однієї з них. Зокрема зазначив, що тепла діаграма дуже просто дозволяє розділити усі втрати за їх причинами, при цьому йому так і не вдалось остаточно з'ясувати взаємний зв'язок втрат, але вдалося показати їх важливість у певних комбінаціях.

Із всього вищезазначеного вчений зробив висновок, що при наявності необхідних даних під час досліду, можна перенести індикаторну діаграму на теплову і знайти прямі втрати у всіх циліндрах від різних причин і обміну тепла між парою і стінками. При цьому необхідно було лише розрахувати послідовність усіх процесів і не хетувати їх частинами, яких не видно на тепловій діаграмі. Потрібно уважно стежити за різницею між дійсними і частково ідеальними змінами, тоді і графічний результат буде правильний.

Окремим результатом цієї наукової роботи було співставлення машин різних родів відносно їх економічності і характеру окремих втрат на основі поєднання теплової діаграми з індикаторною, що прямо вказувало на температуру і тиск пари у будь-якій точці процесу, давало інформацію про паровміст на лініях стиснення і розширення, а також про прямі втрати в роботі і обмін тепла між парою і стінками на всіх фазах роботи.

Теорія і дослідження В. Г. Гриневецького показали, що для підвищення економічності і зменшення втрат від початкової конденсації пару необхідно пускати в машину максимально сухою [11].

Джерела та література:

1. Гриневецкий Василий Игнатьевич // Большой энциклопедический словарь // Режим доступу: dic.academie.ru

2. Костенко А. І. Професор В. Г. Гриневецкий та його наукова школа у галузі теплотехніки / А.І. Костенко // Історія науки і біографістика. – 2014. – № 4 // Режим доступу: <http://inb.dnsgb.com.ua/2014-4/8.pdf>

3. Кропачев С. А. Дворянин. Ученый. Патриот: Василий Игнатьевич Гриневецкий (1871–1919) [Электронный ресурс] / С.А.Кропачев // Надежность и безопасность энергетики. – 2010. – Вып. 10. – Режим доступу: <http://www.sigma08.ru>

4. Гриневецкий Василий Игнатьевич / Режим доступу: http://energy.power.bmstu.ru/e02/100_Years/Grineveski.pdf

5. Уварова Л. И. Развитие средств передачи механической энергии / Л. И. Уарова. – Москва: Изд-во АН СССР, 1960. – 196 с.

6. Гриневецкий В. И. О рациональной постановке проектирования высших технических школ / В. И. Гриневецкий // Бюллетень Политехнического общества. – 1904. – №6. – С. 463-477; №7. – С. 524-536.

7. Гриневецкий В. И. Теория паровых машин / В. И. Гриневецкий. – Москва, 1902. – 150 с.

8. Гриневецкий В.И. Теория паровых машин / Гриневецкий – Москва, 1906. – 250 с.

9. Гриневецкий В.И. Паровые машины. Теория рабочего процесса / В. И. Гриневецкий. – Москва, 1926. – 360 с.

10. Гриневецкий В.И. Теория индикатора и обращение с ним / В. И. Гриневецкий. – Москва, 1902. – 150 с.

11. Гриневецкий В. И. Экономика рабочего процесса паровой машины / В. И. Гриневецкий. – Москва, 1906. – 200 с.



Косовець Юлія Василівна – кандидат історичних наук, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності Державного економіко-технологічного університету транспорту (м. Київ)