

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

На правах рукопису

Біленький Андрій Іванович

УДК 629.424.2:62-55

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ
ШВИДКОСТІ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДІВ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник
Мороз Володимир Ілліч
доктор технічних наук, професор

Харків – 2008

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДІВ	11
1.1 Аналіз існуючих систем регулювання швидкості дизель-поїздів....	11
1.2 Дослідження тягових характеристик дизель-поїздів	24
1.3 Розробка функціональної схеми СРШ дизель-поїзда ДР1А.....	36
1.4 Висновки за розділом 1.....	40
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНОГО ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ДИЗЕЛЬ- ПОЇЗДА ДР1А.....	43
2.1 Математичне описання кінематики важільного механізму управління регулятором частоти обертів.....	43
2.2 Визначення раціональних параметрів механізмів модернізованої СРШ.....	61
2.3 Особливості контролю відсутності буксування при використанні модернізованої СРШ.....	79
2.4 Висновки за розділом 2.....	85
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ УДОСКО- НАЛЕНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДІВ ДР1А.....	87
3.1 Виготовлення та попереднє випробування модернізованої механічної системи СРШ.....	87
3.2 Результати експлуатаційної перевірки запропонованих рішень	96
3.3 Оцінка економічної ефективності використання удосконаленої	

СРШ на дизель-поїздах ДР1А.....	104
3.4 Висновки за розділом 3.....	107
ВИСНОВКИ.....	109
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	113
ДОДАТКИ	122

ВСТУП

Займаючи провідне місце в транспортній системі України, залізничний транспорт залишається одним з найкрупніших споживачів паливно-енергетичних ресурсів. Тому розробка ефективних заходів із зменшення їх витрат являється пріоритетним напрямком зниження загальної собівартості перевізного процесу залізниць.

Враховуючи, що до 2010 р. обсяги пасажирських перевезень в приміському сполученні залишаються суттєвими (в тому числі на не електрифікованих ділянках залізниць), актуальною постає задача з забезпечення високого рівня техніко-економічних показників дизель-поїздів (ДП) інвентарного парку Укрзалізниці.

Незважаючи на те, що на базі магістральних тепловозів 2М62У і 2ТЕ116 розроблені і впроваджені в експлуатацію ДП серій ДПЛ1 і ДПЛ2, створено принципово нові моделі дизель-поїздів ДЕЛ-01 та ДЕЛ-02 (Холдингова компанія «Луганськтепловоз»), для здійснення пасажироперевезень у внутрішньорегіональних сполученнях і в сполученнях з пересадними станціями магістральних ліній планується подальше використання ДП, значна частина яких функціонує у наднормативний термін. Такий стан обумовлює актуальність науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, спрямованих на забезпечення відповідного рівня техніко-економічних показників, особливо дизель-поїздів з гідропередачею, що знаходяться в експлуатації на мережі залізниць України.

Актуальність теми

Проведені наукові дослідження в Українській державній академії залізничного транспорту та досвід експлуатації дизель-поїздів серій ДР1А і Д1 з гідропередачею показали, що одним з перспективних напрямків досягнення високого рівня експлуатаційних показників ДП при їх роботі в приміському сполученні є поліпшення їх розгінних характеристик за рахунок скорочення часу на розгін поїзда при зрушенні і наборі швидкості, особливо

за початковими позиціями контролера машиніста. При цьому одним з раціональних рішень такої задачі є модернізація механізмів системи регулювання швидкості (СРШ) локомотивної енергетичної установки. Тому наукове обґрунтування рекомендацій з удосконалення конструкції механічної системи СРШ з метою реалізації виділеного напрямку на дизель-поїздах з гідروпередачею, що знаходяться в експлуатації, являє собою актуальну науково-практичну задачу.

Дисертація виконана у відповідності до Державної програми "Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства", що введена в дію Постановою Кабінету Міністрів України від 2 червня 1998 р. №769, та Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту України, що схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006 р. N 651-р.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Наукові результати дисертаційної роботи отримані при виконанні планів держбюджетної теми: "Розробка нової концепції і методів удосконалення механічних систем локомотивних енергетичних установок з метою поліпшення експлуатаційних характеристик" (ДР 0107U000341).

Мета і завдання дослідження

Метою роботи є вирішення науково-прикладної задачі – поліпшення паливної економічності дизель-поїздів за рахунок удосконалення конструкції системи регулювання швидкості.

Досягнення поставленої мети визначило такі основні задачі:

- розробити функціональні схеми систем регулювання швидкості дизель-поїздів, що експлуатуються на залізницях України, та виконати аналіз їх конструктивних особливостей;
- розрахувати тягові характеристики для серійної СРШ за окремими позиціями контролера машиніста для всього діапазону їх зміни, з урахуванням умов експлуатації дизель-поїздів ДР1А;

- обґрунтувати ефективні напрямки поліпшення показників дизель-поїздів ДР1А на основі завдання нової ефективної характеристики СРШ, що ураховує умови експлуатації ДП в режимі приміського сполучення;
- скласти функціональну схему СРШ дизель-поїзда ДР1А і на її основі розробити кінематичні схеми відповідних передаточних механізмів;
- розробити формалізоване описання характеристик функціонування СРШ дизель-поїзда ДР1А і їх зв'язків з кінематичними та динамічними характеристиками передаточних механізмів;
- визначити раціональні параметри механізму управління регулятором частоти обертів, при яких досягається нова настройка СРШ і забезпечується виконання вимог експлуатаційної надійності елементів її механічної системи; розробити відповідну конструкторсько-технологічну документацію для їх виготовлення;
- доопрацювати методику контролю відсутності буксування колісних пар дизель-поїзда за швидкостемірною стрічкою;
- провести комплексні експлуатаційні дослідження з визначення ефективності запропонованих технічних рішень на силових установках моторних вагонів ДП і визначити економічну ефективність від впровадження модернізованої СРШ дизель-поїзда ДР1А.

Об'єкт дослідження – процес регулювання швидкості дизель-поїздів в експлуатації.

Предмет дослідження – конструкція механізмів системи регулювання швидкості силових установок дизель-поїздів.

Методи дослідження:

- при отриманні тягових характеристик дизель-поїздів ДР1А, що знаходяться в експлуатації, за окремими позиціями контролера машиніста (ПКМ) використовувались аналітичні методи дослідження гідравлічних передач тепловозів;

- при проведенні порівняльних тягових розрахунків використовувались методи теорії локомотивної тяги;
- при складанні кінематичних схем механізмів СРШ використовувались методи теорії механізмів і машин;
- при розробці математичного описання кінематики ланок механізмів СРШ використовувались методи теоретичної механіки, теорії механізмів і машин і методи математичного аналізу;
- при визначенні раціональних параметрів ланок важільного механізму управління регулятора частоти обертів (РЧО) використовувались методи структурного аналізу механізмів, теорії оптимізації та математичного планування експерименту.

Наукова новизна одержаних результатів

У роботі отримані наступні нові наукові результати:

Вперше:

- встановлені особливості перетворення руху взаємопов'язаних механізмів СРШ дизель-поїзда ДР1А на основі розробленої функціональної схеми;
- розроблена комплексна кінематична схема механічної системи СРШ дизель-поїзда ДР1А;
- представлене формалізоване описання характеристик функціонування СРШ дизель-поїзда ДР1А і їх зв'язків з кінематичними та динамічними характеристиками передаточних механізмів, які досліджувались на основі отриманих нових математичних залежностей;
- розроблено математичне описання задачі оптимізації геометричних параметрів важільного механізму управління регулятором частоти обертів дизеля силової установки

Дістало подальшого розвитку:

- наукове обґрунтування доцільності та можливості поліпшення показників дизель-поїздів ДР1А за рахунок удосконалення конструкції механізмів системи регулювання швидкості;

- система залежностей тягових характеристик, розрахованих за окремими позиціями контролера з урахуванням умов експлуатації дизель-поїздів.

Практичне значення одержаних результатів:

- розроблено методичне забезпечення для проведення тягових розрахунків на основі отриманих тягових характеристик дизель-поїздів ДР1А за окремими позиціями контролера машиніста для всього діапазону їх зміни;

- запропоновано варіант удосконалення конструкції важільного механізму керування РЧО дизеля М756Б, який апробовано з позитивним результатом в локомотивному депо Полтава;

- матеріали дисертаційної роботи орієнтовані на використання при створенні нових і модернізації існуючих СРШ силових установок дизель-поїздів, а також у навчальному процесі (у складі відповідних дисциплін) при підготовці спеціалістів і магістрів за спеціальністю «Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту» і «Теплоенергетика» (про що свідчать акти впровадження).

Результати роботи підтверджуються відповідними актами та матеріалами впровадження.

Особистий внесок здобувача

У працях, які написані у співавторстві, дисертанту належить:

[30] – здобувачем досліджений устрій та особливості функціонування основних модулів конструкції регулятора типу 4-7РС-2, запропонований варіант функціональної схеми; [39] – здобувачем отримані універсальні характеристики гідротрансформаторів ТП1000М для моделювання тягових характеристик дизель-поїздів ДР1А за окремими позиціями контролера для всього діапазону їх зміни; [47] – здобувачем розроблена функціональна схема системи регулювання швидкості дизель-поїзду ДР1А, а також проведені дослідження особливостей функціонування важільних передаточних механізмів; [51] – здобувачем розроблено кінематичну схему механізму електропневматичного модуля перетворень, запропоновані

аналітичні описання для розрахунків положень вихідного важеля відповідно до встановленої позиції контролера машиніста; [59] – здобувачем отримані аналітичні залежності для розрахунку кінематичних характеристик ланок важільного механізму на основі методу проєкцій векторних контурів на координатні осі; [63] – здобувачем розроблено кінематичну схему важільного механізму управління РЧО дизеля М756Б, а також аналітичне описання закономірностей руху його ланок.

Апробація результатів дисертації

Основні матеріали і результати дисертаційної роботи доповідалися й отримали схвалення на 1 міжнародному з'їзді і 6 міжнародних науково-технічних конференціях:

- міжнародній науково-практичній конференції “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я” (Україна, м. Харків, 2004 р.);

- другому міжнародному з'їзді з теорії механізмів і машин (Україна, м. Харків, 2005);

- 66-й, 67-й, 68-й та 69-й міжнародних науково-технічних конференціях кафедр академії та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств (Україна, м. Харків, 2004, 2005, 2006, 2007 рр.);

- міжнародній науково-технічній конференції «Рухомий склад і безпека руху на транспорті» (Україна, м. Харків, 2007 р.)

Основні положення дисертації доповідались на кафедрах «Механіка і проєктування машин» і «Експлуатація та ремонт рухомого складу» з 2004 по 2007 р., повністю дисертація доповідалась в 2007 р. на розширеному засіданні кафедри «Механіка і проєктування машин» Української державної академії залізничного транспорту.

Публікації. Результати дослідження опубліковані в 7 статтях у фахових виданнях, затверджених ВАК.

Список використаних джерел

- 1 Концепция развития транспорта Украины на 1997 – 2010 г.г. Министерство транспорта Украины. № 2 / 21 – 3 -1428 от 14.11.1997 г. – К. 1997. – 25 с.
- 2 Комплексна програма оновлення рухомого складу залізничного транспорту України на 2006 – 2010 роки / Том 1. – К. 2006. – 416 с.
- 3 Уманец Н.Г. Повышение топливной эффективности локомотивной дизельной установки /Николай Уманец, Александр Диковенко// Локомотив - информ. – 2006. – № 5. – С. 46 – 49.
- 4 Сергієнко М.І. Локомотивне господарство Українських залізниць: сьогодні і завтра / М.І. Сергієнко// Залізничний транспорт України. – К. 2005. – № 1 (46). – С. 53 – 54.
- 5 Сергієнко М.І. Двигуни творчого горіння /М.І. Сергієнко// Магістраль. – К. 2006. – № 47 (1157). – С. 8 – 9.
- 6 Басов Г.Г. Прогнозування розвитку дизель поїздів для залізниць України – Харків: Апекс+, 2004. -240, [Ч1] с. – (Монографія)
- 7 Тартаковський Е.Д. Пріоритетні напрямки досліджень у галузі тягового рухомого складу /Е.Д. Тартаковський// Зб. наук. праць. – Харків, 2004. – Вип. 64. – С. 5 – 12.
- 8 Басов Г.Г. Підхід до оцінки і удосконалення дизель-поїзда як нової продукції /Г.Г. Басов// Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2000. – №6. – С. 18 – 20.
- 9 Кац А.М. Автоматическое регулирование скорости двигателей внутреннего сгорания. – М.-Л., Машгиз, 1956. – 304 с.
- 10 Лернер Б.М. Дизельные поезда Д / Лернер Б.М., Лебедев В.П., Палкин А.П.– Москва, Транспорт, 1965. – 348 с.
- 11 Ваншейдт В.А. Дизели. Справочник. / Ваншейдт В.А., Иванченко Н.Н., Коллеров Л.К. – Ленинград: "Машиностроение", 1977 – 480 с.

- 12 Дизельные поезда. Устройство, эксплуатация, ремонт, устранение неисправностей. / [Палкин А.П. и др.]. – М.: "Транспорт", 1970. – 360 с.
- 13 Корнилов Ю.Г. Основы автоматического регулирования. – Киев, "Техніка", 1965. – 398 с.
- 14 Крутов В.И. Двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект. – М.: "Машиностроение", 1978.
- 15 Пат. 1307070 СССР. Гидромеханический регулятор частоты вращения для двигателей внутреннего сгорания / А.Н., Кофман Е.М., Фурман В.В., Чертов С.Н., Сарат П.О. - № 3989209/25; заявл 16.12.85; опубл. 1987.
- 16 Пат. 4616616 США. Система автоматического регулирования подачи топлива насосам высокого давления. Fuel control system / Staniak Waldema A., Samuelson Robert E. Mancellle Michael E.; заявитель и патентообладатель Caterpillar Inc. – № 527043; заявл. 29.08.83; опубл. 14.10.86.
- 17 Пат. 4612890 США Центробежный регулятор частоты вращения дизеля. Centrifugal governor for internal combustion engines / Ohnishi Masanori; заявитель и патентообладатель Diesel Kihl Co. – № 59-64874; заявл. 25.04.85; опубл. 23.09.86
- 18 Особенности настройки гидравлических пропорционально-интегральных регуляторов частоты вращения двигателей. Сыромятников В.Ф. "Двигателестроение", 1988, №4, 33-34, 61-62, 63-64 (рус.; рез. англ.).
- 19 Пат. 1252520 СССР Всережимный регулятор частоты вращения дизеля с турбонаддувом / Горшков В.А., Крутов В.И., Кузнецов А.Г., Леонов И.В., Цаплин М.В., Шатров В.И. - № 3872155/25-06; заявл. 25.03.85, опубл. В Б.И. 1986.
- 20 Пат. 1252521 Регулятор частоты вращения двигателя внутреннего сгорания / Горшков В.А., Карпов А.В., Кузнецов А.Г., Цаплин М.В. - №3872156/31-06; заявл. 25.03.85, опубл. 1986.

21 Фактор устойчивости центробежного измерителя скорости регуляторов скорости непрямого действия. Лысенко А.А. "Двигателестроение" 1987, №6 37-38, 57, 63-65 (рус.).

22 Пат. 244786 Система управлением дизелем. Manövrieranlage mit pneumatischer Steuerung für Brennkraftmaschinen bau "Karl Liebknecht" Magdeburg. – № 2854413; заявл. 24.12.85; опубл. 15.04.87.

23 Долганов К.Е. Улучшение статических и динамических показателей САРЧ дизелей с обычными регуляторами прямого действия / Долганов К.Е., Ковалев С.А., Сережко Н.Ю. [и др.] // Киев автомоб.-дор. Инс-т Киев – 1987. 30 с., ил. Библиогр. 11 назв. (Рукопись деп. В КкрНИИНТИ 26.06.87, №1737 – Ук87).

24 Sakai H. Метод регулирования подачи топлива, повышающий стабильность работы автомобильных дизелей. Improving diesel vehicles drive ability by a new control technology /Sakai H, Kamata M., Seto Y., Okamoto K.// "Int Conf. Comput. Engiene. Technol., Cambridge, 24-26 March, 1987" London, 1987, 241-248.

25 Пат 1250680 СССР Устройство для управления двигателем внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия / Грачев Е.Ф., Вандышев В.А.; - № 3859096 /25-06; заявл. 22.02.85; опубл. 1986.

26 Тепловозные двигатели внутреннего сгорания: Учебник для вузов / [А.Э. Симсон, А.З. Хомич, А.А. Куриц и др.] – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987г. 536с.

27 Пассажирский тепловоз ТЭП70 / [Быков В.Г., Морошкин Б.Н., Серделевич Г.Е. и др.]. – М.: Транспорт, 1976. -232 с.

28 Тепловоз М62. М.: Транспорт, 1977. - 280 с.

29 Тепловозы СССР Отраслевой каталог. – Москва, ВНИИТЭМР, 1988. - 168 с.

30 Мороз В.І. Розробка функціональної схеми регулятора швидкості типу 4-7РС-2 / В.І. Мороз, А.І. Біленький, О.В. Братченко // Збірник наукових праць. – Харків, 2005. – № 69 – С. 5 – 10.

- 31 Грехов Л.В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебн. для вузов / Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. – Москва: Легион – Автодата, 2004. – 344 с.
- 32 Тепловозные дизели М 753 и М 756 / [Бабич Г.С., Биллиг Д.М., Дорошенко С.Н, Кальницкий М.В.] – М.: Транспорт, 1968. – 228с.
- 33 Михайленко А.А. Дизель-поезда типа ДР. – М.: Транспорт, 1990. – 336 с.
- 34 Гидропередача дизель-поезда ГДП 1000. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Калуга: Калужский машиностроительный завод, 1975.- 129 с.
- 35 Володин А.И. Топливная экономичность силовых установок тепловозов / А.И. Володин, Г.А. Фофанов – М.: Транспорт, 1979. – 126 с.
- 36 Гудков А.В. Гидравлические передачи для тепловозов и дизель-поездов / А.В. Гудков, И.И. Лобачев // Тр. НИИ тепловозов и путей.машин. – ВНИТИ. – Коломна, 1999. - №79. – с.261 – 269.
- 37 Семичастнов И.Ф. Гидравлические передачи тепловозов. – М.: Машгиз, 1956. – 191 с.
- 38 Шаройко М.П. Гидравлические передачи тепловозов / М.П. Шаройко, В.Т. Серeda. – М.: "Транспорт", 1969. – 160 с.
- 39 Мороз В.І. Особливості математичного моделювання тягових характеристик дизель-поїзду ДР1А / В.І. Мороз, А.І. Біленький, О.В. Братченко [та ін.] // Збірник наукових праць. – Харків, 2007. – № 86 – С. 122 – 128.
- 40 Тяговые расчеты при электровозной и тепловозной тяге / [Зайцев П.Ф., Акимов В.И., Шульженков В.М., Филимонов А.И.]. – Редакционно-издательский отдел БелИИЖТа, Гомель, 1972. – 80 с.
- 41 Правила тяговых расчётов для поездной работы. - М.: Транспорт, 1985. - 288 с.

- 42 Фуфрянский Н.А. Развитие локомотивной тяги / Фуфрянский Н.А., Долганов А.Н., Нестрахов А.С. – М.: Транспорт, 1988. – 344 с.
- 43 Гребенюк П.Т. Справочник по тяговым расчётам / Гребенюк П.Т., Долганов А.Н., Скворцова А.И. – М.: Транспорт, 1987. - 272 с.
- 44 Деев В.В. Тяга поездов / Деев В.В., Ильин Г.А., Афонин Г.С. – М.: Транспорт, 1987. – 264 с.
- 45 Бабичков Л.М. Тяга поездов и тяговые расчеты / Бабичков Л.М., Гурский П.А., Новиков Л.П. – М.: Транспорт, 1971. - 280 с.
- 46 Осипов С.И. Основы тяги поездов / С.И. Осипов, С.С. Осипов. - М.: УМК МПС России, 2000. - 592 с.
- 47 Дослідження особливостей функціонування керуючих механізмів системи регулювання швидкості енергетичної установки дизель-поїздів типу ДР1А / В.І. Мороз, А.І. Біленький, О.В. Братченко [та ін.] // Матеріали 2-го міжнародного з'їзду з теорії механізмів і машин. – Харків, 2005. – С. 60 – 65.
- 48 Фролов К.В. Теория механизмов и машин. – М.: Высшая школа, 1987. – 496 с.
- 49 Киницький Я.Т. Теорія механізмів і машин. – К.: Наукова думка, 2002. – 660 с.
- 50 Мороз В.І. Основи конструювання і САПР. Навчальний посібник / Мороз В.І., Братченко О.В., Ліньков В.В. – Харків.: Нове слово, 2003. – 194 с.
- 51 Мороз В.І. Дослідження характеристик функціонування електропневматичного модуля перетворення системи регулювання швидкості дизель-поїздів ДР1А / В.І. Мороз, А.І. Біленький, О.В. Братченко // Збірник наукових праць. – Харків, 2006. – № 73 – С. 108 – 113.
- 52 Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Ч. 1. Статика. Кинематика: Учебник [для техн. ВУЗов] – 6 –е изд. испр. / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. – М.: Высшая школа, 1984. – 343 с.

- 53 Воронков И.М. Курс теоретической механики. – 5 – е изд. – М.: ОГИЗ, 1954. – 552 с.
- 54 Озол О.Г. Теория механизмов и машин – М.: Наука, 1984. – 432 с.
- 55 Кожевников С.Н. Теория механизмов и машин – М.: Машиностроение, 1971. – 591 с.
- 56 Артоболовский И.И. Теория механизмов и машин – М.: Наука, 1988. – 640 с.
- 57 Кореняко О.С. Теорія механізмів і машин – К.: Вища школа, 1987. – 206 с.
- 58 Артоболовский И.И. Синтез плоских механизмов / Артоболовский И.И., Левитский Н.И., Черкудинов С.А. – Москва: Физматгиз, 1959. – 1084 с.
- 59 Використання вектора “умовного кривошипну” для уточнення описання переміщень причіпних поршнів ДВЗ / В.І. Мороз, А.І. Біленький, О.В. Братченко [та ін.] // Збірник наукових праць. – Харків, 2005. – № 70 – С. 95 – 100. Теория механизмов и машин (системный подход): Учебное пособие / А.А.Грунауэр, И.Д.Долгих. – К.: УМК ВО, 1992. – 384 с.
- 60 Зиновьев В.А. Курс теории механизмов и машин. – М.: Наука, 1975. – 383 с.
- 61 Мышкис А.Д. Лекции по высшей математике. – 4-е изд., стер. – М.: Наука, 1973. – 640 с.
- 62 Братченко О.В. Розрахункове дослідження важільного механізму керування регулятором швидкості дизеля М756Б / О.В. Братченко, А.І. Біленький, В.Р. Войцехівський // Збірник наукових праць. – Харків, 2006. – № 79 – С. 19 – 27.
- 63 Решетов Л.Н. Самоустанавливающиеся механизмы. – М.: Машиностроение, 1991. – 288 с.

64 Бебешин Н.В. Исследование самоустанавливаемости пространственного механизма /Н.В. Бебешин // Известия вузов. – 1980. –№7. – С.61 – 74.

65 Будыка Е.Ю. Вывод структурных формул механизмов логическим путем / Е.Ю. Будыка // Известия вузов. Машиностроение. – 1976. – №8. – С.71 – 73.

66 Кожевников С.Н. Основание структурного синтеза механизмов. – К.: Наукова думка, 1979. – 230 с.

67 Озол О.Г. Новая структурная формула механизмов и ее теоретическое и практическое значение /Озол О.Г.// Тр. Латвийской сельскохозяйственной академии. – 1962. – Вып. XI. – С.113 – 129.

68 Озол О.Г. О новой структурной формуле /О.Г. Озол// Известия вузов. Машиностроение. – 1964. – № 4. – С. 49 – 58.

69 Озол О.Г. Повторяющиеся связи в механизмах /О.Г. Озол // Тр. Латвийской сельскохозяйственной академии. – 1970. – Вып. XXVII. – С. 3 – 13.

70 Решетов Л.Н. Взаимодействие связей при последовательном соединении кинематических пар /Л.Н. Решетов, Е.Ю. Будка // Известия вузов. Машиностроение. – 1976. – № 4. – С. 56 – 59.

71 Решетов Л.Н. К вопросу определения избыточных связей в механизмах /Л.Н. Решетов, Е.Ю. Будка// Известия вузов. Машиностроение. – 1976. – № 3. – С. 68 – 70.

72 Решетов Л.Н., Будка Е.Ю. Метод замены избыточных связей /Л.Н. Решетов, Е.Ю. Будка// Методический сборник МВО по ТММ. – 1979. № 8. – С. 106 – 108.

73 Решетов Л.Н. Определение подвижности и избыточных связей в механизмах /Л.Н. Решетов// Известия вузов. Машиностроение. 1971. № 8. С. 71 – 79.

- 74 Дитрих Я. Проектирование и конструирование: Системный подход. – М.: Мир, 1981. – 456 с.
- 75 Иосилевич Г.Б. Детали машин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
- 76 Хог Э. Прикладное оптимальное проектирование / Э. Хог, Я. Арора. – М.: Мир, 1983. – 478 с.
- 77 Mesarovic M.D. General systems theory: mathematical foundations. Systems Research Center. / M. Mesarovic, Y. Takahara. – Case Western Reserve University. Cleveland, Ohio, 1975. – 311.
- 78 Мороз В.И. Математическое планирование исследования при оптимизации основных показателей турбопоршневого дизеля / В.И. Мороз // В кн.: Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков: Вища школа, 1976. – Вып. 24. – С. 96 – 102.
- 79 Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 207 с.
- 80 Бондарь А.Г., Сташюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии /А. Бондарь, Г. Сташюха. – К.: Вища школа, 1976. – 184 с.
- 81 Ивоботенко В.А. Планирование эксперимента в электромеханике/ Ивоботенко В.А., Ильинский Н.Ф., Копылов И.П.. – М.: Энергия, 1975. – 185 с.
- 82 Рафалес-Ламарка Э.Э. Некоторые методы планирования и анализа биологических экспериментов / Э. Рафалес-Ламарка, В. Николаев. – К.: Наукова думка, 1971. – 120 с.
- 83 Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М. Винарский, М. Лурье. – К.: Техника, 1975. – 168 с.
- 84 Математическая теория планирования эксперимента [Под ред. С.М.Ермакова] – М.: Наука, 1983. – 392 с.

85 Ермаков С.М., Жиглявский А.А. Математическая теория оптимального эксперимента /С. Ермаков, А. Жиглявский. – М.: Наука, 1987. – 320 с.

86 "Правила технічної експлуатації залізниць України" – К.: "Поліграфсервіс". 2003 – 131с.

87 "Інструкція з руху і маневрової роботи на залізницях України" / Розроблено Державним науково-дослідним центром Укрзалізниці – К.: "Імпрес". 2005 – 464с.

88 "Інструкція з сигналізації на залізницях України" – К.: "Транспорт України ". 1995 – 238с.

89 "Інструкція з технічного обслуговування, ремонту та випробування гальмового устаткування локомотивів і моторвагонного рухомого складу" / Розробник ПКТБ ЦТ – К.: "Поліндустрія". 2003 – 256с.

90 "Інструкція з експлуатації локомотивних швидкостемірів ЗСЛ2М, приводів до них і по розшифруванню швидкостемірних стрічок"/ Розробник ХарДАЗТ - К.: ПП "Алькор", 2002 – 66с.

91 "Інструкція про порядок користування автоматичною локомотивною сигналізацією безперервного типу і пристроями контролю пильності машиніста на залізницях країни" / Розробник А.А. Посмітюха – К.: "КЗІТ", 2000 – 32с.

92 Посмітюха А.А. Эксплуатация автотормозов, устройств АЛСН и радиосвязи . – М.: Транспорт, 1988. – 119с.

93 "Інструкція з технічного обслуговування локомотивних пристроїв автоматичної локомотивної сигналізації безперервного типу (АЛС) і пристроїв контролю пильності машиніста на залізницях України" / Розробник ПКТБ ЦТ – К.: "Поліграфсервіс". 2004 – 96с.

94 "Інструкція з ремонту локомотивних швидкостемірів" / Розробник ПКТБ ЦТ – К.: "Поліграфсервіс". 2004 – 64с.

95 Венчевич Л.Е. Локомотивные скоростимеры и расшифровка скоростимерных и диаграммных лент: Учеб. Пособие для учащихся

образовательных учреждений железнодорожного транспорта, осуществляющих начальную профессиональную подготовку – М.: УМК МПС Росси, 2002. – 272 с.

96 "Інструкція з технічного обслуговування електровозів і тепловозів в експлуатації" / Розробник ПКТБ ЦТ – К.: "Поліграфсервіс". 2003 – 160с.

97 Біленький А.І. Результати експериментальної перевірки модернізованої системи регулювання швидкості дизель-поїзда ДР1А/ А.І. Біленький // Збірник наукових праць. – Харків, 2007. – № 81 – С. 131 – 138.

98 "Інструкція по технічному нормуванню витрат електричної енергії і палива локомотивами на тягу поїздів" Розробник УкрДАЗТ – К.: ПП «Алькор», 2003 – 86с

99 Мурзин Л.Г. Экономия – тонны дизельного топлива / Л.Г. Мурзин, Г.В. Грандова. – М.: Транспорт, 1975 – 40с.

100 Меркурьев Г.Д. Локомотивным и ремонтным бригадам о топливе и смазочных материалах. – М.: Транспорт, 1988 – 128с.

101 Хомич А.З. Топливная эффективность и вспомогательные режимы тепловозных дизелей. – М.: Транспорт, 1987. – 271 с.

102 Хомич А.З. Экономия топлива и теплотехническая модернизация тепловозов / Хомич А.З., Тупицин О.И., Симсон А.Э. – М.: Транспорт, 1975. – 264с.

103 "Методические указания по определению экономической эффективности новой техники, изобретений рационализаторских предложений на железнодорожном транспорте" Разработчик ВНИИЖТ МПС – М.: Транспорт, 1980 – 144с.

104 Оценка экономической эффективности инвестиций в мероприятиях научно-технического прогресса: Учебно-методическое пособие / [Е.И. Балака, И.Г. Бойко и др. Под. ред. В.Л. Диканя.]. – Харьков: Основа. – 1995. – 254 с.