

Затверджено
рішенням вченої ради факультету
Управління процесами перевезень
прот. № 1 від 30.08.2019 р

Рекомендовано
на засіданні кафедри управління
експлуатаційною роботою,
прот. № 1 від 27.08.2019 р.

СИЛАБУС З ДИСЦИПЛІНИ

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

II семестр - I навчального року,
I, II семестр - II навчального року

Освітній рівень третій (доктор філософії)
галузь знань 27 Транспорт

спеціальність 275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

Час та аудиторія проведення занять: згідно індивідуального розкладу <http://kart.edu.ua/pidgotovka-nayk-kadriv-ua/prijom-do-aspiranturu-ua>

Команда викладачів:

Лектор: Плахтій О.А. (кандидат технічних наук, доцент), Контакти: +38(057) 730-10-89 e-mail: uermp@ukr.net
Години прийому та консультацій: 13.00-14.00 вівторок – четвер Розміщення кафедри: Місто Харків, майдан Фейєрбаха, 7, 1 корпус, 4 поверх, 411 аудиторія.
Веб-сторінки курсу: http://do.kart.edu.ua/ Додаткові інформаційні матеріали: http://metod.kart.edu.ua/last/process/

Метою викладання навчальної дисципліни «Імітаційне моделювання енергетичних та електромеханічних процесів в системах електричного транспорту» є отримання аспірантами знань та практичних навичок щодо розробки імітаційних моделей електроенергетичних та електромеханічних систем, аналізу їх достовірності та допущень прийнятих при моделюванні, а також проведення досліджень.

Дисципліна «Імітаційне моделювання енергетичних та електромеханічних процесів в системах електричного транспорту» повинна надати уявлення про підходи та методи створення імітаційних моделей систем електропостачання, напівпровідникових перетворювачів, систем автоматичного керування, тягового електроприводу, що в цілому дозволяє проводити базові дослідження процесів в електротранспорті.

Курс має на меті сформувати та розвинути наступні компетентності аспірантів:

- 1. Цілісно – смислову компетентність** (формування та розширення світогляду аспіранта в області комп'ютерного моделювання енергетичних та електромеханічних процесів в електрорухомому складі)
- 2. Загальнокультурну компетентність** (розуміння культурних, історичних та регіональних особливостей, що склалися в Україні та за її межами в області формування інтелектуальних транспортних технологій, зокрема на залізничному транспорті);
- 3. Навчально-пізнавальну компетентність** (формування у аспіранта зацікавленості про стан та перспективи розвитку комп'ютерного моделювання електромеханічних процесів з метою формування інтелектуальних транспортних технологій для управління, розвитку креативної складової компетентності, здатність аспіранта формувати цілі дослідження, з метою їх вирішення, вміння знаходити рішення у нестандартних ситуаціях в контексті забезпечення наукового потенціалу, уміння формулювати наукову задачу та написання наукових текстів)
- 4. Інформаційну компетентність** (розвиток вмінь аспіранта до самостійного пошуку, аналізу, структурування та відбору потрібної наукової інформації в області транспортних технологій за допомогою сучасних методів та інтелектуальних інформаційних технологій, уміння працювати з основними наукометричними базами)
- 5. Комунікативну компетентність** (розвиток у аспіранта навичок роботи в команді шляхом реалізації групових сумісних проєктів в області створення імітаційних моделей та вести дискусію у досліджуваній сфері, вміння презентувати власний проєкт та кваліфікаційну роботу, формування навичок типу soft skills);
- 6. Компетентність особистісного самовдосконалення** (елементи інтелектуального, духовного саморозвитку, емоційної саморегуляції та самопідтримки; підтримка постійного прагнення самовдосконалення та самопізнання шляхом постійного пошуку раціональних методів прийняття рішень при управлінні, здатність до розуміння важливості наукових цінностей в сфері транспортних технологій).

Чому ви маєте обрати цей курс?

Імітаційне моделювання є досить потужним інструментом при інженерних та наукових дослідженнях в різних напрямках. Імітаційне моделювання дозволить дослідити енергетичні процеси в системах електропостачання та електрорухомому складі, електромеханічні процеси в електрорухомому складі, процеси в системах автоматичного регулювання, а також багато інших завдань.

Огляд курсу

Цей курс, який вивчається протягом трьох семестрів (I курс – 2 семестр, II курс – 1 та 2 семестри) дає аспірантам глибоке розуміння застосування основних наукових методів оптимального управління транспортними системами і технологіями, зокрема на залізничному транспорті, та при взаємодії з іншими видами транспорту.

Курс складається з однієї лекції та п'яти практичних занять на семестр протягом трьох семестрів. Він супроводжується текстовим матеріалом, презентаціями та груповими завданнями. Аспіранти матимуть можливість застосовувати отримані знання та вирішувати практичні завдання шляхом обговорень в аудиторії для виконання кваліфікаційної роботи з імітаційного моделювання.

Методи оптимізації транспортних систем / схема курсу

Поміркуй	Лекції	Виконай
	Довідковий матеріал	
	Презентації	
	Обговорення в аудиторії	
	Групові завдання	
	Допомога у виконанні кваліфікаційної дисертаційної роботи	
	Індивідуальні консультації	
	Он-лайн обговорення (форум у соціальних мережах)	
	Іспит	

Практичні заняття курсу передбачають розробку комп'ютерних моделей тягових підстанцій, електричної мережі, електрорухомого складу та інших об'єктів дослідження, пов'язаних з дисертаційними дослідженнями. Дисципліна фіналізується контрольними заходами (залік у кожному семестрі). Виконання завдань супроводжується посиланнями на суміжні дисципліни, що доповнюють теми, та формує у аспіранта інноваційну, інформаційну та комунікативну компетентності.

Ресурси курсу

Інформація про курс розміщена на сайті Університету (<http://kart.edu.ua/pidgotovka-nayk-kadriv-ua/prijom-do-aspiranturu-ua>), включаючи необхідні методичні матеріали, презентації та правила оцінювання курсу)

Додатковий матеріал та посилання на електронні ресурси доступні на сайті Університету у розділі Дистанційне навчання <http://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=1454> поряд із питаннями, над якими необхідно поміркувати під час підготовки для обговорення в аудиторії. Необхідна підготовка повинна бути завершена до початку лекції або практичного заняття. Під час обговорення ми запропонуємо вам критично поміркувати над тим, як використовуються методи оптимізації транспортних систем для формування автоматизованих інтелектуальних технологій для залізничного транспорту. Ви повинні вміти проводити дискусії та мозкові штурми – ми хочемо знати, що ви думаєте!

Інтернет ресурси присвячені імітаційному моделюванню:

- <https://matlab.ru/>
- <http://matlab.exponenta.ru/>
- <https://exponenta.ru/>
- <https://habr.com/ru/hub/matlab/>

Теми лекцій курсу

Змістовний модуль 1 (2 сем. 1 року навчання). Імітаційне моделювання напівпровідникових перетворювачів електрорухомого складу та тягових підстанцій

Тема 1. Імітаційне моделювання напівпровідникових перетворювачів електрорухомого складу (ЕРС)

Змістовний модуль 2 (1 сем. 2 року навчання). Імітаційне моделювання систем тягового електроприводу

Тема 2. Імітаційне моделювання систем тягового електроприводу

Змістовний модуль 3 (2 сем. 2 року навчання). Дослідження показників енергоефективності систем електричного транспорту на імітаційних моделях

Тема 3. Дослідження показників енергоефективності систем електричного транспорту на імітаційних моделях

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми
1	Розробка імітаційної моделі шестипульсного випрямляча тягової підстанції
2	Розробка імітаційної моделі дванадцятипульсного випрямляча тягової підстанції
3	Розробка імітаційної моделі імпульсного перетворювача постійного струму понижуючого типу
4	Розробка імітаційної моделі імпульсного перетворювача постійного струму підвищуючого типу
5	Розробка імітаційних моделей систем автоматичного регулювання в системах електричного транспорту
6	Розробка імітаційної моделі автономного інвертора напруги та асинхронного електроприводу ЕРС
7	Розробка імітаційної моделі чотиризонного випрямляча електровоза ВЛ-80р
8	Розробка імітаційної моделі чотириквadrантного випрямляча з режимом корекції коефіцієнта потужності
9	Розробка імітаційної моделі силового активного фільтру тягової підстанції
10	Розробка імітаційної моделі електровозу постійного струму
11	Розробка імітаційної моделі електровозу змінного струму
12	Розробка імітаційної моделі визначення втрат в напівпровідникових перетворювачах ЕРС

13	Розробка імітаційної моделі визначення коефіцієнту потужності ЕРС змінного струму
14	Розробка імітаційної моделі накопичувача електроенергії
15	Розробка імітаційної моделі за темою дисертаційного дослідження аспіранта

Самостійна робота

№ з/п	Назва теми
1	Опрацювання лекційного матеріалу
2	Підготовка практичних робіт
3	Підготовка до лабораторних робіт
4	Підготовка та складання модулів, тестів, іспиту і заліку з курсу
5	Виконання індивідуальних завдань (контрольна робота)
6	Опрацювання окремих розділів програми, які не викладаються на лекціях

Заплановані результати навчання

Мета викладання навчальної дисципліни «Імітаційне моделювання енергетичних та електромеханічних процесів в системах електричного транспорту» є отримання аспірантами знань і практичних навичок в області створення імітаційних моделей пов'язаних з системами електрорухомого складу, аналіз достовірності цих моделей та проведення досліджень на цих моделях.

Завдання вивчення дисципліни «Імітаційне моделювання енергетичних та електромеханічних процесів в системах електричного транспорту» є:

- створення імітаційних моделей фізичних об'єктів на систем диференційних рівнянь, які описують роботу цих об'єктів;
- оволодіння теоретичними основами методів аналізу в Matlab/Simulink, а саме: аналіз статичних режимів та перехідних процесів в електричних та механічних системах, частотно-гармонійний аналіз сигналів, аналіз та синтез систем автоматичного регулювання та інші.
- набуття практичних навичок оволодіння програмними продуктами Matlab/Simulink та NI Multisim, необхідними для проведення.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

знати:

- базові принципи імітаційного моделювання в Matlab;
- силові схеми та системи керування напівпровідникових перетворювачах ЕРС;

вміти:

- створювати імітаційні моделі енергетичних та електромеханічних систем електричного транспорту;
- проводити дослідження електричних процесів: отримувати перехідні процеси, проводити Фур'є-аналіз струмів та напруги;
- проводити синтез систем автоматичного регулювання та проводити дослідження їх стійкості;
- оцінювати втрати потужності в електромеханічних системах;
- оцінювати завадоємкість ЕРС до контактної мережі та систем СЦБ;

мати уявлення: про передові можливості комп'ютерного моделювання в електромеханічних системах.

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 150 годин/ 5,0 кредитів ECTS.

знаходити та аналізувати потрібну наукову інформацію в галузі імітаційного моделювання з метою удосконалення систем електричного транспорту.

вміти вести дискусію на наукових конференціях та симпозіумах та представляти власні проекти або кваліфікаційну роботу як цілісну структуру.

набути вміння до системного креативного мислення щодо генерації можливих ідей.

Правила оцінювання

При заповненні заліково-екзаменаційної відомості та залікової книжки (індивідуального навчального плану) аспіранта, оцінка, виставлена за 100-бальною шкалою, повинна бути переведена до національної шкали (5, 4, 3,) та шкали ECTS (A, B, C, D, E)

Визначення назви за державною шкалою(оцінка)	Визначення назви за шкалою ECTS	За 100 бальною шкалою	ECTS оцінка
ВІДМІННО – 5	Відмінно – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90-100	A
ДОБРЕ – 4	Дуже добре – вище середнього рівня з кількома помилками	82-89	B

	Добре – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	75-81	C
ЗАДОВІЛЬНО - 3	Задовільно - непогано, але зі значною кількістю недоліків	69-74	D
	Достатньо – виконання задовольняє мінімальні критерії	60-68	E
НЕЗАДОВІЛЬНО - 2	Незадовільно – потрібно попрацювати перед тим як отримати залік (без повторного вивчення модуля)	35-59	FX
	Незадовільно - необхідна серйозна подальша робота (повторне вивчення модуля)	<35	F

Відвідування лекцій:

Бали за цю складову не нараховуються взагалі, якщо аспірант не відвідував більш 50% лекційних занять у модулі без поважних причин. **Максимальна сума становить 10 балів.**

Практичні заняття:

Оцінюються за відвідуваннями та стислою презентацією виконаного завдання. **Максимальна сума становить 25 балів.**

Ступінь залученості:

Мета участі в курсі – залучити вас до дискусії, розширити можливості навчання для себе та своїх однолітків та дати вам ще один спосіб перевірити свої погляди на питання щодо методів оптимізації транспортних систем, застосування сучасних засобів та методів наукового дослідження транспортних технологій (для залізничного транспорту). Участь буде оцінюватися на основі кількості та вірності ваших відповідей. Питання, хоча й заохочуються, однак не оцінюються в цьому блоці. Ми намагаємося надати всім аспірантам рівні та справедливі можливості для підвищення власної залученості. **Максимальна сума становить 10 балів.**

Завдання на самостійну роботу:

Здобувачам (аспірантам) відповідно до обраної теми кваліфікаційної роботи пропонується визначити ступінь використання тематики дисципліни «Методи оптимізації транспортних систем». За вчасне та вірне виконання цього завдання нараховується до **15 балів** до поточного контролю.

Залік:

- Аспірант отримує оцінку за залік на підставі поточного контролю шляхом накопичення балів. Максимальна кількість балів, яку може отримати аспірант становить 100 (до 60 балів поточного контролю та до 40 балів під час заліку). Якщо аспірант не погоджується із запропонованими балами, він може підвищити їх на заліку, відповівши на питання викладача (<http://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=1454>)

Викладач:

Плахтій Олександр Андрійович

(<https://scholar.google.com.ua/citations?user=84HNDxoAAAAJ&hl=ru>, <http://kart.edu.ua/kafedra-etem-ua/kolectuv-kafedru-aset-ua?id=2714>) - лектор, доцент кафедри «Електротехніка, електроенергетика та електромеханіка» УкрДУЗТ. Кандидат технічних наук (2016 р., спеціальність 05.09.12

“Напівпровідникові перетворювачі електроенергії”, УкрДУЗТ), Напрямок наукової діяльності: напівпровідникові перетворювачі електроенергії, інтелектуальні системи електропостачання, адаптивні системи автоматичного регулювання.

Кодекс академічної доброчесності

Порушення Кодексу академічної доброчесності Українського державного університету залізничного транспорту є серйозним порушенням, навіть якщо воно є ненавмисним. Кодекс доступний за посиланням: <http://kart.edu.ua/documentu-zvo-ua>

Зокрема, дотримання Кодексу академічної доброчесності УкрДУЗТ означає, що вся робота на іспитах та заліках має виконуватися індивідуально. Під час виконання самостійної роботи аспіранти можуть консулюватися з викладачами та з іншими аспірантами, але повинні самостійно розв'язувати завдання, керуючись власними знаннями, уміннями та навичками. Посилання на всі ресурси та джерела (наприклад, у звітах, самостійних роботах чи презентаціях) повинні бути чітко визначені та оформлені належним чином. У разі спільної роботи з іншими аспірантами над виконанням індивідуальних завдань, ви повинні зазначити ступінь їх залученості до роботи.

Інтеграція аспірантів із обмеженими можливостями

Вища освіта є провідним чинником підвищення соціального статусу, досягнення духовної, матеріальної незалежності і соціалізації молоді з обмеженими функціональними можливостями й відображає стан розвитку демократичних процесів і гуманізації суспільства.

Доступ до матеріалів дистанційного навчання з цього курсу можна знайти за посиланням: <http://do.kart.edu.ua/>

Для інтеграції аспірантів із обмеженими можливостями в освітній процес Українського державного університету залізничного транспорту створена система дистанційного навчання на основі сучасних педагогічних, інформаційних, телекомунікаційних технологій.

Рекомендована література

Основна

1. Борисов, А.Н. Диалоговые системы принятий решений на базе мини – ЭВМ: информационное, математическое, программное обеспечение [Текст] / А.Н. Борисов, Э.Р. Вилюмс, Л.Я. Сукур. – Рига: Зинатие, 1986. – 195с.
2. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: теория, синтез, эффективность [Текст] / В.А. Тарасов, Б.М. Герасимов, И.А. Левин, В.А. Корнейчук; под ред. В.А. Тарасова. - К.: МАКНС, 2007. – 336 с.
3. Ларичев, О.И. Проблемы взаимодействия человек – ЭВМ в системах поддержки принятия решений [Текст] / О,И, Ларичев // Процедуры оценивания многокритериальных объектов.-М.: ВНИИСИ, 1984. – С.20-28.
4. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление [Текст] : пер.с англ. / А. Пегат. – М.: БИНОМ Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.
5. Ульяницкий, Е.М. Информационные системы взаимодействия видов транспорта [Текст]: учеб. Пособие для вузов ж.-д. трансп./ Е.М. Ульяницкий, А.И. Филоненковы, Д.А. Ломаш – М.: Маршрут, 2005. – 264с.
6. Управление и информационные технологии на железнодорожном транспорте [Текст]: учебн. для вузов ж.-д. трансп. / Л.П. Тулупов, Э.К. Лецкий, И.Н. Шапкин, А.И. Самохвалов; под ред. Л.П. Тулупова. – М.: Маршрут, 2005.-467 с.
7. Бутько Т.В. Процедура еволюційного настроювання моделі прогнозування кореспонденцій на основі нечітких реляційних обчислень [Текст] / Т.В. Бутько, Л.О. Пархоменко // Збірник наукових праць SWorld. SCIENTIFIC RESEARCHES AND THEIR PRACTICAL

APPLICATION. MODERN STATE AND WAYS OF DEVELOPMENT, 2013, - 1- 12 ЖОВТНЯ 2013, м. Івано-Франківськ. – тези доп. – Вип. 3. Том 2. – С. 94- 97.

8. Поліщук В.П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху / В.П. Поліщук, О.П. Дзюба. – К.: Знання України, 2008. – 175 с.
9. Вильсон А.Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем: Пер. с англ., 1978. – 248 с.
10. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования [Текст] / Ю.П. Лукашин. – М.: Статистика, 1979. – 254 с.
11. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: теория, синтез, эффективность [Текст] / В.А. Тарасов, Б.М. Герасимов, И.А. Левин, В.А. Корнейчук; под ред. В.А. Тарасова. - К.: МАКНС, 2007. – 336 с.
12. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.:БХВ Петербург, 2005. – 736с.
13. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление [Текст] : пер.с англ. / А. Пегат. – М.: БИНОМ Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.
14. Кисляков А.В. Генетические алгоритмы: операторы скрещивания и мутации [Текст]/А.В. Кисляков// Информационные технологии. – 2001. - № 1. – С. 29-34.
15. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. – М.: Мир, 1981.- 324 с.
16. Бутько Т.В., Шумик Д.В. Сучасні інформаційні технології в управлінні залізничними підрозділами: Конспект лекцій. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – 85 с.
17. Системологія на транспорті: Підручник: У 5 кн. Кн. I: Основи теорії систем і управління / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля та ін.; За заг. ред. М.Ф. Дмитриченка. – К.: Знання України, 2005. – 344 с.

Допоміжна

1. Деннинг, В. Диалоговые системы «человек – ЭВМ». Адаптация к требованиям пользователя [Текст] / В. Деннинг, Г Эссиг, С. Маес; пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 112 с.
2. Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах [Текст]: учебн. Для вузов ж.-д. трансп. / В.А. Гапанович, А.А. Грачев [и др.]; под ред. В.И. Ковалева, А.Т. Осьминина, Г.М. Грошева. – М.: Маршрут, 2006.-544с.
3. Поттгофф Г. Учение о транспортных потоках. Перевод с немецкого Шейко В.И. и Воскресенского В.Н.. Под редакцией Нестерова Е.П.. М. Изд-во Транспорт. – 1975. – 344 с.
4. Бутько Т.В. Формування моделі розвитку залізничної системи швидкісних перевезень на основі принципів самоорганізації [Текст] / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, Л.О. Пархоменко, І.В. Копаниця // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. - Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – № 54. – С. 67-70.
5. Прикладные нечеткие систем. Пер. с япон./Асаи К., Ватада Д. и др.-М.:мир, 1993.-368с.
6. Управление и информационные технологии на железнодорожном транспорте [Текст]: учебн. для вузов ж.-д. трансп. / Л.П. Тулупов, Э.К. Лецкий, И.Н. Шапкин, А.И. Самохвалов; под ред. Л.П. Тулупова. – М.: Маршрут, 2005.-467 с.
7. Бутько Т.В. Формалізація технології організації групових поїздів оперативного призначення / Бутько Т.В. , Прохорченко А.В., Киман А.М.// Восточно - европейский журнал передових технологий. Вип.4/3 (76). - 2015, Харків.- 38-43с.
8. Бутько Т.В. Обґрунтування виду функції приналежності нечітких параметрів локомотивних інтелектуальних систем керування/ Бутько Т.В. , Бабанін О.Б., Горобченко О.М.// Восточно - европейский журнал передових технологий. Вип.1 (73). - 2015, Харків.- с.4-7.
9. Бутько Т.В. Формирование автоматизированной системы расчета пропускной способности железнодорожных сетей для продвижения грузопотоков предприятий горно-металлургического комплекса / С.В. Панченко, Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, Л.О. Пархоменко// Науковий вісник Національного гірничого університету. – м.Дніпро. – 2016. – № 2. –С. 93-99.

10. T. Butko An improved method of determining the schemes of locomotive circulation with regard to the technological peculiarities of railcar traffic / Tatyana Butko, Andrii Prokhorchenko, Mykhailo Muzykin // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Том 5, Выпуск 3 (83) с. 47-55.
11. Butko, T.V. Improvement of technology for management of freight rolling stock on railway transport/ T. Butko, S.Prodashuk, G.Bogomazova, G.Shelekhan, M. Prodashuk , R.Purii// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2017. -Vol. 3 (87). - P. 4-11.
12. Development of the method for modeling the propagation of delays in non-cyclic train scheduling on the railroads with mixed traffic1/T. Butko, A. Prokhorchenko, T. Golovko, G. Prokhorchenko//Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2018. - № 3(91). - С. 30-40.
13. Butko T., Prokhorov V., Chekhunov D. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2017. Vol. 85. No. 3. Pt. 1. P. 55–61.
14. Butko T., Prokhorov V., Kalashnikova T., Riabushka Y. Organization of railway freight short-haul transportation on the basis of logistic approaches. Procedia Computer Science. 2019. №149. P. 102–109.
15. Butko T., Kostiennikov O., Parkhomenko L., Prokhorov V., Bogomazova G. Forming an automated technology to manage freight transportation along a direction. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. №1/3(97). P. 6–13.
16. T. Butko, M. Mykhailo, A. Prokhorchenko, H. Prokhorchenko. Determining the rational motion intensity of train traffic flows on the railway corridors with account for balance of expenses on traction resources and cargo owners. Transport and Telecommunication, Riga, Litvia, 2019, volume 20, no.3, P. 215-228