



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова приймальної комісії

 Микола СТУПНІК

 2025 р.



ПРОГРАМА

фахового вступного випробування для прийому на навчання
за третім (освітньо-науковим) рівнем вищої освіти
на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю **G7 (174) «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані
технології та робототехніка»**

Кривий Ріг
2025 р.

Програма фахового випробування складена в обсязі програми вищої освіти магістра за спеціальністю G7 (174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Програму склали:

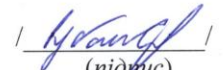
1. Доктор технічних наук, професор Щокін В. П.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

/  /
(підпис)

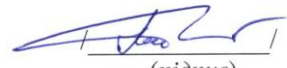
2. Доктор технічних наук, професор Купін А. І.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

/  /
(підпис)

3. Кандидат технічних наук, доцент Рубан С. А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

/  /
(підпис)

4. Кандидат технічних наук, доцент Тиханський М. П.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

/  /
(підпис)

5. Кандидат технічних наук, доцент Тронь В. В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

/  /
(підпис)

Узгоджено на засіданні кафедри автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

Протокол № 19 від « 23 » 05 2025 р.

Завідувач кафедри _____  /Сергій РУБАН/

Узгоджено на засіданні вченої ради факультету інформаційних технологій
(назва факультету)

Протокол № 12 від « 26 » 05 2025 р.

Голова вченої ради
факультету інформаційних технологій _____  /Іван МУЗИКА/
(назва факультету)

ЗМІСТ

	стор.
Вступ	4
1. Перелік дисциплін, що виносяться на фахове вступне випробування	4
2. Порядок проведення фахового вступного випробування	5
3. Перелік тем та питань з дисциплін, що виносяться на фахове вступне випробування	5
4. Критерії оцінювання тестових завдань різних рівнів складності	
5. Таблиця переведення тестових балів фахового іспиту	
6. Рекомендована література для підготовки до фахового вступного випробування	11

Вступ

Діяльність фахівців спеціальності **G7 (174) «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»** орієнтована на узагальнений об'єкт діяльності «об'єкти і процеси автоматизованого керування (технологічні процеси, виробництва, організаційні структури), технічне, інформаційне, математичне, програмне та організаційне забезпечення систем автоматизації та робототехнічних систем у різних галузях».

Фахівець високого рівня, який може провадити наукову та професійну діяльність на підприємствах і в організаціях металургійної, гірничодобувної та інших галузей, на яких для реалізації технологічних процесів використовуються складні комп'ютерно-інтегровані технології, а також у науково-дослідних і проектних організаціях, що досліджують і розробляють комп'ютерно-інтегровані системи автоматизації.

Програма фахових випробувань на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю *G7 (174) «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»* за освітньо-професійною програмою *«Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»* базується на системі підготовки магістрів за спеціальністю *174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»* (за старим переліком спеціальностей: *151 – автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології*).

Метою фахового випробування є комплексна перевірка знань вступників, які вони отримали в результаті вивчення навчальних дисциплін, передбачених освітньо-професійною програмою та навчальним планом другого (магістерського) рівня вищої освіти. Вступник повинен продемонструвати професійно-орієнтовані уміння та знання щодо узагальненого об'єкта майбутньої сфери професійної діяльності і здатність вирішувати типові фахові завдання.

До участі у фаховому випробуванні допускаються вступники, які дотрималися усіх норм і правил, передбачених чинним законодавством, згідно з Правилами прийому до Криворізького національного університету.

1 Перелік дисциплін, що виносяться на фахове вступне випробування

Фахове випробування на навчання за ступенем «доктора філософії» охоплює дисципліни циклу професійної підготовки бакалаврів та магістрів, передбачені освітньо-професійними програмами спеціальності G7 (174) «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», а саме:

1. Теорія автоматичного керування.
2. Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації.
3. Контролери та їх програмне забезпечення.
4. Smart-виробництво на основі кіберфізичних систем
5. Адаптивні системи оптимального керування технологічними процесами
6. Технології машинного навчання в кіберфізичних системах та Industry 4.0

2 Порядок проведення фахового вступного випробування

Фахове випробування проводиться в письмовій формі у відповідності з нормами чинного законодавства, Правилами прийому до Криворізького національного університету у формі тестування за білетами. Для проведення фахового випробування створюється фахова атестаційна комісія у складі 3-5 осіб. Білет фахового випробування містить 45 питань (по 15 питань кожного рівня складності). Час тестування – 2 години (120 хвилин).

3 Перелік тем та їх зміст з дисциплін, що виносяться на фахове вступне випробування

3.1. «Теорія автоматичного керування»

3.1.1. Основні елементи САК. Дії в САК. Функціональна та алгоритмічна структура системи управління.

3.1.2. Фундаментальні принципи управління. Основні види алгоритмів функціонування систем управління. Зворотний зв'язок в САК.

3.1.3. Основні принципи управління. Класифікація за інформативним принципом. Системи неперервної та перервної дії. Системи зі змінною та незмінною структурою. Класифікація САК за технологічними ознаками.

3.1.4. Статика САК. Загальні статичні характеристики елементів. Форми запису рівнянь статички. Лінеаризація нелінійних рівнянь. Динаміка САК. Завдання і особливості загальної методики дослідження динаміки. Диференційні рівняння як динамічні характеристики.

3.1.5. Основні властивості перетворення Лапласа та особливості його використання для опису рівнянь динаміки САК. Операторний метод і поняття передаточної функції системи. Динамічна ланка. Класифікація елементів за динамічними властивостями.

3.1.6. Часові характеристики. Частотні характеристики. Логарифмічні частотні характеристики. Метод асимптотичних ЛАЧХ.

3.1.7. Передаточні функції типових з'єднань ланок. Послідовне, паралельне з'єднання ланок. Зворотний зв'язок в системах автоматичного керування. Перетворення структурних схем САК. Статичні і динамічні характеристики типових з'єднань динамічних ланок.

3.1.8. Поняття, види і загальна умова стійкості. Дослідження і аналіз стійкості за коренями характеристичного рівняння.

3.1.9. Алгебраїчні критерії стійкості САК. Частотні критерії стійкості САК. Дослідження стійкості за допомогою побудови зон стійкості. Запас стійкості САК. Вплив структури і загального передаточного коефіцієнту на стійкість системи. Дослідження стійкості систем із запізненням.

3.1.10. Поняття та показники якості управління. Прямі та непрямі показники якості управління. Інтегральні показники якості. Метод кореневих годографів. Чутливість САК.

3.1.11. Помилки в САК. Точність статичних та астатичних САК при типових діях. Точність САК при гармонічних діях.

3.1.12. Загальні відомості про синтез САК. Основні принципи синтезу алгоритмічної структури одноконтурної системи управління. Синтез САК з бажаними динамічними властивостями

3.1.13. Структурно-параметрична оптимізація систем без запізнення. Структурно-параметрична оптимізація систем із запізненням. Типові регулятори. Оптимізація і вибір параметрів налаштування регуляторів.

3.1.14. Характеристики випадкових сигналів. Типові випадкові сигнали. Перетворення випадкового сигналу лінійною динамічною ланкою.

3.1.16. Загальні відомості про нелінійні системи управління. Типові нелінійні елементи САК.

3.1.17. Уявлення про дискретні системи. Класифікація дискретних систем. Класифікація імпульсних систем за видами модуляції. Функціональна та алгоритмічна структура імпульсної системи. Переваги і недоліки імпульсних систем.

3.1.18. Математичний опис імпульсного елемента з амплітудноімпульсною модуляцією (АІМ). Решітчасті функції. Різниці решітчастих функцій та різницеві рівняння.

3.1.19. Z-перетворення та його основні властивості. Зворотне Z-перетворення. Рішення різницевих рівнянь операторним методом.

3.1.20. Дискретна передаточна функція (ДПФ) безперервної частини САК. Наближені методи одержання ДПФ. Математичний опис цифрових систем в просторі стану. Визначення періоду дискретизації.

3.1.21. ДПФ замкнутого контуру САК. ДПФ типових з'єднань ланок. Правила перетворення структурних схем з імпульсними елементами. ДПФ цифрових корегуючих ланок: П, І, ІІ, ІІД.

3.1.22. Часові характеристики САК. Розрахунок і побудова перехідних процесів: аналітичний метод і цифрове моделювання.

3.1.23. Основна умова стійкості дискретних систем. Особливості використання аналогів частотних критеріїв (Михайлова, Найквіста) для аналізу стійкості САК. Визначення запасів стійкості.

3.1.24. Точність систем. Аналітичний метод визначення статичних похибок САК. Статичні та астатичні системи.

3.1.25. Статистична динаміка систем управління та синтез оптимальних систем у частотній області.

3.2. «Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації»

3.2.1. Технології функціонування моделюючих програм.

3.2.2. Огляд і класифікація моделюючих програм. Вирішувач моделюючих програм.

3.2.3. Поняття про структурне і мультидоменне фізичне моделювання

3.2.4. Ідея мультидоменного фізичного моделювання

3.2.5. Поняття про моделювання, яке кероване подіями

3.2.6. Інструментарій моделюючих програм

3.2.7. Ідентифікація моделей

3.2.8. Символьний аналіз математичного опису моделей

3.2.9. Частотний аналіз моделей і систем: обчислювальні алгоритми ідентифікації ЧХ моделей; вимірювальні алгоритми ідентифікації; алгоритми ідентифікації ЧХ систем на основі технологій розпізнавання образів.

3.2.10. Принцип потокового виконання блок-схем (моделей) направлених графів.

3.2.11. Бібліотеки блоків графічних мов направлених графів.

3.2.12. Блоки які володіють ефектом пам'яті. Поняття про початкові умови моделі.

3.2.13. Поняття про параметри моделі. Поняття про методи інтегрування. Вибір кроку симуляції і методу інтегрування.

3.2.14. Принципи побудови графа схеми фізичної принципової ненаправлених графів.

3.2.15. Елементи ненаправленого графа. Пасивні елементи ненаправленого графа (споживачі енергії).

3.2.16. Активні елементи ненаправленого графа (джерела енергії). Вузли ненаправленого графа.

3.3 «Контролери та їх програмне забезпечення»

3.3.1. Основні принципи побудови мікропроцесорних контролерів. Робочий цикл виконання програми користувача. Модульний принцип побудови ПЛК. Міжнародні стандарти програмованих логічних контролерів.

3.3.2. Програмування ПЛК. Системи самодіагностики і тестування ПЛК.

3.3.3. Засоби ЛМІ.

3.3.4. Функціональні можливості. Фізична структура контролера.

3.3.5. Програмування контролера. Режими роботи. Характеристики модуля вводу-виводу дискретних сигналів.

3.3.6. Функціональні можливості. Фізична структура контролера. Програмування контролера. Режими роботи. Схеми під'єднання. Перспективи розвитку.

3.3.7. Процедури програмування контролера. Бібліотека алгоритмів

3.3.8. Структура програми користувача.

3.3.9. Промислові мережі UnitelWey, Modbus, Profibus, PROFINET, CANopen.

3.4 «Smart-виробництво на основі кіберфізичних систем»

3.4.1. Огляд основних концепцій та понять смарт-виробництва.

3.4.2. Теоретико-методологічні засади становлення смарт-виробництва.

3.4.3. Еталонні архітектури Industry 4.0.

3.4.4. Стандарти різних рівнів екосистеми розумного виробництва. Стандарти рівня підприємства. Стандарти рівня управління виробничими операціями (Manufacturing operations management, MOM). Стандарти рівня SCADA. Стандарти рівня пристроїв.

3.4.5. Застосування ресурсо-орієнтованих архітектур у смарт-виробництві. Застосування IoT. Архітектура REST. Модель зрілості Річардсона. Черги обміну повідомленнями та комунікація на базі шаблону публікації/підписки.

3.4.6. IoT протоколи передавання даних. протокол MQTT. Архітектура CoAP. Протокол AMQP.

3.4.7. Стандарт OPC UA. Загальні принципи функціонування OPC UA. Ідентифікація вузлів в OPC UA. Принципи підключення до серверу OPC UA та захисту. Процедура підключення OPC UA клієнта.

3.4.8. Обробка даних на рівні Edge, цифрові двійники. Визначення цифрового двійника по версії ПС. Зв'язки між цифровими двійниками в системах. Цифровий двійник в життєвому циклі об'єкту.

3.4.9. Хмарні обчислення в IoT. Модель хмарних сервісів. Види хмар та хмарна архітектура. Обмеження хмарних архітектур для IoT.

3.5 «Адаптивні системи оптимального керування технологічними процесами»

3.5.1. Загальна теорія оптимального керування. Принцип максимуму Понтрягіна. Задача про оптимальну швидкодію

3.5.2. Синтез оптимальних систем керування в просторі станів. Оптимальне за квадратичним критерієм керування лінійним об'єктом (лінійно-квадратична задача). Спостерігачі динамічних систем.

3.5.3. Поняття дуальності систем керування і синтез оптимальних стохастичних спостерігачів. Оптимальні лінійні регулятори за неповних вимірів, що містять шум.

3.5.4. Оптимальне керування і спостереження в дискретних системах.

3.5.5. Адаптивні системи керування. Принцип розділення рухів і класифікація адаптивних систем керування.

3.5.6. Пошукові системи екстремального керування. Аналітичні системи автоматичного керування, що самоналаштовуються. Градієнтна адаптація.

3.5.7. Ідентифікація. Класифікація методів ідентифікації.

3.5.8. Поняття робастності. Визначення показників якості та робастності.

3.5.9. Параметричний синтез робастних систем. Структурно-параметричний синтез робастних систем. Структурний синтез робастних систем.

3.6 «Технології машинного навчання в кіберфізичних системах та Industry 4.0»

3.6.1. Оцінювання якості моделей. Точність моделі (accuracy). Середнє значення точності. Матриця невідповідностей (confusion matrix). Коефіцієнт детермінації (R^2). Силуетний коефіцієнт (silhouette coefficient).

3.6.2. Валідація та узагальнення. Перехресна валідація (cross-validation). Пошук по сітці (grid search). Перенавчання (overfitting). Регуляризація. Підмножини даних (folds).

3.6.3. Підготовка та обробка даних. Нормалізація даних. Зниження розмірності. Сингулярний розклад матриці (SVD). Відбір ознак (feature).

3.6.4. Класифікація. Методи класифікації. Ядрова функція (kernel function). Двокласова класифікація. Багатокласова класифікація.

3.6.5. Кластеризація. Методи кластеризація. Метод К-середніх, центроїд. Критерій оптимізації в кластерному аналізі.

3.6.6. Ансамблеве навчання. Ансамблеве навчання. Бегінг (bagging).

3.6.7. Нейронні мережі. Персептрон. Зворотне поширення помилки (backpropagation). Функція активації ReLU. Вага нейронів. Шари нейронної мережі. Зсув (bias).

3.6.8. Навчання з підкріпленням. Особливості навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning).

4. Критерії оцінювання тестових завдань різних рівнів складності

Білет фахового випробування містить 45 питань (по 15 питань кожного рівня складності). Відповідно критерії оцінювання залежать від рівня складності. Прийнята наступна шкала оцінювання:

- I рівень складності – 0,8 бали;
- II рівень складності – 1,0 бали;
- III рівень складності – 1,2 бали.

Згідно наведеної шкали можна отримати максимальну кількість балів, яка дорівнює 45 ($0,8 \times 15 + 1 \times 15 + 1,2 \times 15$), які потім переводяться згідно таблиці до 100-200 шкали.

5. Таблиця переведення тестових балів фахового іспиту

Отримана кількість балів під час фахового випробування переводиться до шкали 100 – 200 згідно наступної таблиці:

Таблиця 5.1 – Таблиця переведення тестових балів фахового іспиту

Тестовий бал	Бал за шкалою 100 – 200	Тестовий бал	Бал за шкалою 100 – 200
7	100	26	152
8	105	27	154
9	110	28	156
10	115	29	157
11	120	30	159
12	125	31	160
13	131	32	162
14	134	33	163
15	136	34	165
16	138	35	167
17	140	36	170
18	142	37	172
19	143	38	175
20	144	39	177
21	145	40	180
22	146	41	183
23	148	42	186
24	149	43	191
25	150	44	195
		45	200

6 Рекомендована література для підготовки до фахового вступного випробування

«Теорія автоматичного керування»

1. Іванов А. О. Теорія автоматичного керування : підручник. Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2003. 250 с.
2. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування. Київ, Либідь, 1997. 544 с.
3. Зайцев Г. Ф., Стеклов В. К., Бріцький О. І. Теорія автоматичного управління. Київ : Техніка, 2002. 688 с.

4. Маринич І. А., Єфіменко Л. І. Теорія автоматичного керування : навч. посіб. Кривий Ріг, 2017. 452 с.

5. Шаруда В. Г. Практикум з теорії автоматичного управління : навч. посіб. Дніпропетровськ : Національна гірнича академія України, 2002. 414с.

«Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації»

6. Онисик С. Б. Моделювання об'єктів керування : навч. посіб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. 292 с.

7. Дубовой В. М. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2012. 308 с.

8. Мокін Б. І., Мокін В. Б., Мокін О. Б. Математичні методи ідентифікації динамічних систем : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 260 с.

9. Мисак В. Ф. Методи ідентифікації статичних характеристик об'єктів керування : навч. посіб. Київ : НТУУ «КПІ», 2010. 62 с.

10. Остапенко Ю. Ю. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів керування : підручник. Київ, 1999. 424 с.

«Контролери та їх програмне забезпечення»

11. Ельперін І. Е. Промислові контролери : навч. посіб. Київ : НУХТ, 2003. 320с.

12. Пупена О. М., Ельперін І.В. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro : навч. посіб. Київ : Видавництво Ліра-К, 2017. 376 с.

13. Пупена О. М. Розроблення людино-машинних інтерфейсів та систем збирання даних з використанням програмних засобів SCADA/HMI : навч. посіб. Київ, 2020. 594с

14. Пупена О. М., Ельперін І.В., Луцька Н. М., Ладанюк А. П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах. Київ, 2011. 552с.

«Smart-виробництво на основі кіберфізичних систем»

15. Смарт-промисловість: напрями становлення, проблеми і рішення: монографія / В.П. Вишневський, О.В. Вієцька, О.А. Вієцький, О.А. Воргач, О.М. Гаркушенко, А.Ф. Дасів, М.Ю. Заніздра, Л.О. Збаразська, С.І. Князєв, С.І. Кравченко, Д.В. Липницький, А.А. Мадих, Ю.О. Мазур, В.А. Нікіфорова, О.О. Охтень, О.В. Соколовська, С.С. Турлакова, В.Д. Чекіна, Г.З. Шевцова, Т.В.

Щетілова; за ред. В.П. Вишневського; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2019. 464 с.

16. Маркевич К. SMART-інфраструктура у сталому розвитку міст: світовий досвід та перспективи України / Катерина Маркевич ; Центр Разумкова. – Київ : Заповіт, 2021, 400 с.

17. Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник. К.: Ліра-К. 2011. 552 с.

18. Інтернет речей для індустріальних і гуманітарних застосунків. У трьох томах. Том 1. Основи і технології / За ред. В. С. Харченка. –Міністерство освіти і науки України, Національний аерокосмічний університет ХАІ, 2019. – 605 с.

19. Cirani S., Ferrari G., Picone M., Veltri L. Internet of Things: Architectures, Protocols and Standards. – Hoboken, NJ :Wiley, 2019 – 408 p.

20. Buyya R., Dastjerdi A. V. Internet of Things. Principles and Paradigms. Morgan Kaufmann, 2016. – 378 p.

«Адаптивні системи оптимального керування технологічними процесами»

21. Теорія систем керування: підручник / В.І. Корнієнко, О.Ю. Гусєв, О.В. Герасіна, В.П. Щокін. Дніпро: НГУ, 2017. 497 с.

22. Тунік А. А., Абрамович О. О. Основи сучасної теорії управління : навч. посіб. Київ : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010. 260 с.

23. Луцька Н., Ладанюк А. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами : монографія. Київ : Вид-во Ліра-К, 2015. 287 с.

24. Adaptive Control / I. D. Landau та ін. London : Springer London, 2011. URL: <https://doi.org/10.1007/978-0-85729-664-1> (дата звернення: 13.04.2025).

25. Vrabie, Vamvoudakis, Lewis. Optimal Adaptive Control and Differential Games by Reinforcement Learning Principles. Institution of Engineering and Technology, 2012. URL: <https://doi.org/10.1049/pbce081e> (дата звернення: 13.04.2025).

«Технології машинного навчання в кіберфізичних системах та Industry 4.0»

26. Харченко В. О. Основи машинного навчання : навчальний посібник. – Суми : СумДУ, 2023. 264 с. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/92711/3/Kharchenko_osnovy.pdf.

27. Кононова К. Ю. Машинне навчання: методи та моделі : підручник / ХНУ ім. В. Н. Каразіна. – Харків : ХНУ, 2020. – 301 с. URL:

https://www.researchgate.net/publication/345765254_MASINNE_NAVCANNA_METODI_TA_MODELI).

28. Олещенко Л. М. Машинне навчання: комп'ютерний практикум / КПІ ім. І. Сікорського. Київ : КПІ, 2022. 92 с. URL: згадується як е-ресурс (<https://ela.kpi.ua/items/40bade55-41ae-4ca2-8fb3-3e01375e74c3/full>).

29. Іванчук Я. В., Месюра В. І., Яровий А. А., Манжілевський О. Д. Інтелектуальний аналіз даних та машинне навчання : базові методи та засоби аналізу даних. Вінниця : ВНТУ, 2021. 69 с. URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2022/Ivanchuk_P1_2021_69.pdf.

30. Черняк О. І., Захарченко П. В. Інтелектуальний аналіз даних : підручник. Київ : Знання, 2014. 599 с. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi54/0040761.pdf>.

31. Гороховатський В. О., Творошенко І. С. Методи інтелектуального аналізу та оброблення даних : навч. посібник. Харків : ХНУРЕ, 2021. 92 с. URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/2e55d639-52fd-48d9-b7b7-14989f49f291/content>.

32. Мокін В. Б., Дратований М. В. Наука про дані: машинне навчання та інтелектуальний аналіз даних. – Вінниця : ВНТУ, 2024. 258 с. URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2024/Mokin_2024_263.pdf.

33. Штовба С. Д., Козачко О. М. Machine Learning: стартовий курс : електронний навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2020. 81 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/338924246_Machine_Learning_startovij_kurs.

34. Francois-Lavet, V., Henderson, P., Islam, R., Bellemare, M. G., Pineau, J. An Introduction to Deep Reinforcement Learning. 2018. arXiv preprint arXiv:1811.12560. URL: <https://arxiv.org/pdf/1811.12560>.

35. Simeone, O. A Brief Introduction to Machine Learning for Engineers. 2017. arXiv preprint arXiv:1709.02840. URL: <https://arxiv.org/pdf/1709.02840>.

36. Zhang, A., Lipton, Z. C., Li, M., Smola, A. J. Dive into Deep Learning. 2021. arXiv preprint arXiv:2106.11342. URL: <https://arxiv.org/pdf/2106.11342>.