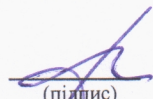


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій (№ 302)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис)

О.Є. Федорович
(ініціали та прізвище)

«01»

2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Розподілені системи обробки інформації та управління
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 122 «Комп'ютерні науки»
(код та найменування спеціальності)

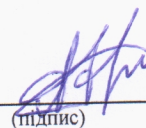
Освітня програма: «Комп'ютеризація обробки інформації та управління»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

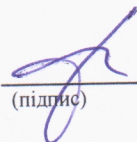
Розробник: Прохоров О.В., професор, д.т.н., доцент
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
(назва кафедри)

Протокол № 634/08 від « 30 » серпня 2021 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

О.Є. Федорович
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 6	Галузь знань: <u>12 «Інформаційні технології»</u> (шифр і найменування) Спеціальність: <u>122 «Комп’ютерні науки»</u> (код і найменування) Освітня програма: <u>«Комп’ютеризація обробки інформації та управління»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Нормативна
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістових модулів – 2		2021/2022
Індивідуальне завдання ____ РР на тему „Розробка проекту АСУ ТП у SCADA-системі” (назва)		Семестр
Загальна кількість годин: денна – 60*/180		8-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 10		Лекції *
		<u>36</u> годин
		Практичні, семінарські*
		-
		Лабораторні *
	<u>24</u> години	
	Самостійна робота	
<u>120</u> годин		
Вид контролю		
модульний контроль, РР, іспит		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить – 60/120.

* Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення – дати знання про сучасні методи і технології автоматизації в вирішенні задач розробки систем управління, збору, обробки, передачі, збереження і відображення інформації у складних динамічних системах (процесах).

Завдання – вивчення сучасних апаратно-програмних засобів та технологій, що забезпечують можливість моніторингу, аналізу і управління технологічними процесами складних виробничих систем.

Компетентності, які набуваються:

ФК6. Здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язуванні системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризику.

ФК7. Здатність проектувати та розробляти програмне забезпечення із застосуванням різних парадигм програмування: узагальненого, об'єктно-орієнтованого, функціонального, логічного, з відповідними моделями, методами й алгоритмами обчислень, структурами даних і механізмами управління.

ФК11. Здатність забезпечити організацію обчислювальних процесів в інформаційних системах різного призначення з урахуванням архітектури, конфігурування, показників результативності функціонування операційних систем і системного програмного забезпечення.

ФК19. Вміння використовувати та впроваджувати вбудовані системи з урахуванням наявних апаратних обмежень, а також принципів організації систем реального часу.

ФК27. Здатність будувати, підтримувати та удосконалювати ІТ – інфраструктуру підприємства на основі інтеграції технологій розробки та автоматизованого впровадження програмного забезпечення з урахуванням життєвого циклу інформаційних систем, продуктів і сервісів.

ФК32. Здатність використовувати методологію та інструментальні засоби проектування систем управління технологічними процесами, а також методи оперативного управління в рамках цих систем.

Очікувані результати навчання:

ПРН4. Проектувати, розробляти та аналізувати алгоритми розв'язання обчислювальних та логічних задач, оцінювати ефективність та складність алгоритмів на основі застосування формальних моделей алгоритмів та обчислюваних функцій

ПРН6. Демонструвати розуміння принципів моделювання організаційно-технічних систем і операцій; методів дослідження операцій, розв'язання одно – та багатокритеріальних оптимізаційних задач лінійного, цілочисельного, нелінійного, стохастичного програмування

ПРН8. Використовувати інструментальні засоби розробки клієнт-серверних застосувань, проектувати концептуальні, логічні та фізичні моделі баз даних, створювати розподілені бази даних, сховища та вітрини даних, бази

знань, у тому числі розподілених і на хмарних сервісах, розробляти та оптимізувати запити до них

ПРН11. Застосовувати знання методології та CASE-засобів проектування складних систем, методів структурного аналізу систем, об'єктно-орієнтованої методології проектування в процесі побудови і практичного застосування функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем

ПРН12. Володіти мовами системного програмування та методами розробки програм, що взаємодіють з компонентами комп'ютерних систем, демонструвати знання мережних технологій, архітектури комп'ютерних мереж і практичні навички технології адміністрування комп'ютерних мереж та їх програмного забезпечення

ПРН14. Виконувати паралельні та розподілені обчислення, застосовувати чисельні методи та алгоритми для паралельних структур, мови паралельного програмування при розробці та експлуатації паралельного та розподіленого програмного забезпечення

ПРН16. Обирати інструментальні засоби та розробляти інформаційні системи автоматизації адміністративних бізнес-процесів.

ПРН22. Обирати та застосовувати інструментальні засоби розробки й адаптації інформаційних систем обробки просторових даних.

ПРН23. Організувати управління ІТ-проектами згідно стандартів РМВОК та принципів організації команд з розробки програмного забезпечення.

Пререквізити:

- проектування інформаційних систем;
- технології комп'ютерного проектування;
- комп'ютерні мережі.

Кореквізити:

- управління ІТ-проектами.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Апаратно-технічні та програмні засоби автоматизації управління виробництвом.

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Розподілені системи обробки інформації та управління». Роль і значення промислової автоматизації. Місце дисципліни в навчальному плані. Список рекомендованої літератури.

Тема 2. Основні поняття автоматизації управління складними виробничими системами.

Основні поняття промислової автоматизації. Об'єкти автоматизації. Проект промислової автоматизації. Сучасні тенденції в промисловій автоматизації. Системна інтеграція проектів АСУ ТП. Аналіз технологічного процесу як об'єкта управління. Основи побудови розподіленої АСУ ТП. Основні поняття і функції розподіленої АСУ ТП. Рівні АСУ. Основні вимоги до

АСУ ТП. Надійність систем керування. Розробка структурної схеми АСУ ТП. Структурна схема розподіленої АСУ ТП. Польовий рівень. Диспетчерський рівень.

Тема 3. Сучасна технологія проектування АСУ ТП із використанням SCADA-систем.

Призначення і функції. Можливості і характеристики сучасних SCADA-систем. Загальна структура SCADA-системи. Функціональна структура SCADA-системи. Види інформації і джерела даних. Склад і загальна характеристика апаратно-технічних і програмних засобів автоматизації

Тема 4. Апаратно-технічні засоби автоматизації управління виробництвом польового рівня.

Польовий рівень. Загальна класифікація та основні характеристики датчиків. Датчики положення. Датчики переміщення. Силомоментні датчики. Датчики температури і рівня. Локаційні датчики і системи технічного зору. Інтелектуальні датчики. Виконавчі механізми. Класифікація та особливості управління.

Тема 5. Програмувальні технічні засоби управління.

Класи контролерних засобів. Програмувальні логічні контролери PLC. Архітектура і принцип роботи. Резервовані структури контролерів. Промислові комп'ютери. Класифікація та особливості. Загальна характеристика шин. Архітектура PC-контролера. Загальна характеристика стандарту IEC 61131-3 з програмування контролерів. Мови FBD і IL. Стандарт IEC 61131-3. Мова SFC. Стандарт IEC 61131-3. Мова LD. Сучасні апаратно-технічні засоби автоматизації.

Тема 6. Промислові мережі і технології зв'язку.

Сучасні промислові мережі і протоколи. Загальна характеристика. Класи промислових мереж. Застосовувані мережні топології, фізичні інтерфейси і середовища передачі даних. Загальна характеристика методів доступу до шини. Протокол MODBUS. Шина PROFIBUS. Загальна характеристика і різновиди. Технології бездротового зв'язку в промисловій автоматизації. Радіозв'язок. Використання стандартів GSM, SMS, GPRS. Вузкосмуговий сигнал. Широкопasmовий сигнал. Метод частотних стрибків FHSS. розширення спектра методом прямої послідовності DSSS. Класифікація бездротових мереж. Класифікації бездротових технологій. Стандарти бездротових мереж. Еволюція технологій стільникового зв'язку. FDMA, TDMA, CDMA. 3G - технології мобільного зв'язку 3 покоління. Технології 4G. Еволюція LTE стандарту. Еволюція мереж до 5G. Короткий опис Wi-Fi та WiMAX. LoRaWAN (Long Range Wide Area Networks). Основні особливості енергоефективної мережі LPWAN.

Тема 7. Програмні засоби для систем промислової автоматизації.

Системи реального часу. Класифікація та основні особливості. Операційні системи реального часу. Архітектура ОСРЧ. Основні особливості планування задач в ОСРЧ. Механізми роботи з ресурсами в ОСРЧ. Механізми синхронізації в ОСРЧ. Сучасні ОСРЧ.

Модульний контроль

Модуль 2.

Змістовий модуль 2. Розробка АСУ ТП із використанням SCADA-систем.

Тема 8. Розробка АСУ ТП із використанням SCADA-систем.

Сучасні SCADA-системи і їхні характеристики. Етапи розробки проекту АСУ ТП із використанням SCADA-систем. Основи побудови людино-машинних інтерфейсів (HMI). Засоби SCADA-систем для розробки людино-машинного інтерфейсу і програмування контролерів. Основи й ергономіка створення людино-машинного інтерфейсу HMI. Створення бази каналів контролерів, плат пристроїв зв'язку з об'єктами. Організація зв'язків з контролерами для моніторингу і супервізорного управління. Створення динамізованої мнемосхеми технологічного об'єкта. Створення екранів моніторингу, налагодження, діагностики (із трендом, звітом тривоги, таблицею налаштувань і аварійних повідомлень).

Тема 9. Інформаційні технології розробки розподілених систем управління.

Створення розподілених систем управління. Основні інформаційні технології інтеграції в АСУ ТП. Обмін даними між вузлами проекту. Мережний обмін. Обмін по послідовному інтерфейсі. GSM/GPRS-технології. Компонентні об'єктні моделі COM/DCOM. Використання технологій OPC, ActiveX, DDE та ін. в SCADA-системах. WEB-технології. Порівняльний аналіз варіантів організації зв'язку у сучасних АСУ ТП.

Тема 10. Інтегровані системи управління складними технологічними комплексами.

Інтеграція багаторівневих систем автоматизації. Проблеми обміну даними між АСУ ТП і АСУП. MES-системи на базі SCADA для рішення задач керування виробництвом. EAM-системи для управління основними фондами підприємства. Створення інформаційних порталів підприємств. Четверта індустріальна революція (Індустрія 4.0). Напрямки Industrial 4.0. Промисловий інтернет. Хмари. Аналіз великих даних. Моделювання. Адитивне виробництво. Доповнена і віртуальна реальність. Роботи. Кібербезпека. The Industrial Internet of Things (IIoT). Сравнение IIoT, IoT та M2M. IIoT з точки зору підприємства. Переваги IIoT.

Тема 11. Заключна лекція.

Перспективи розвитку технологій SCADA.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Апаратно-технічні та програмні засоби автоматизації управління виробництвом					
1. Вступ до навчальної дисципліни «Розподілені системи обробки інформації та управління»	4	2	-	-	2
2. Основні поняття автоматизації управління складними виробничими системами.	6	2	-	-	4
3. Сучасна технологія проектування АСУ ТП із використанням SCADA-систем.	16	4	-	4	8
4. Апаратно-технічні засоби автоматизації управління виробництвом польового рівня.	14	2		-	12
5. Програмувальні технічні засоби управління.	22	4		8	10
6. Промислові мережі і технології зв'язку.	14	2		-	12
7. Програмні засоби для систем промислової автоматизації.	14	2		-	12
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовним модулем 1	91	19		12	60
Усього годин	91	19	-	12	60
Модуль 2					
Змістовий модуль 2. Розробка АСУ ТП із використанням SCADA-систем					
8. Розробка АСУ ТП із використанням SCADA-систем.	44	2	-	8	30
9. Інформаційні технології розробки розподілених систем управління.	18	4	-	4	10
10. Інтегровані системи управління складними технологічними комплексами.	24	4	-	-	20
11. Заключна лекція.	2	2	-	-	-
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовним модулем 2	89	17		12	60
Усього годин	89	17	-	12	60
Усього з дисципліни	180	36	-	24	120

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
1	Не передбачено навчальним планом		
	Разом		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
1	Не передбачено навчальним планом		
	Разом		

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
1	SCADA-система Trace Mode. Ознайомлення зі SCADA-системою та розробка проекту розподіленої АСУ	4	
2	SCADA-система Trace Mode. Вивчення мов програмування контролерів та розробка управляючих алгоритмів за допомогою мов FBD та IL	4	
3	SCADA-система Trace Mode. Ознайомлення з редактором подання даних та розробка графічної бази проекту за допомогою створення мнемосхем технологічного об'єкта (HMI). Виконання завдання по розробці АСУ освітленням проекту "Розумний будинок"	4	
4	Прототипування рішень промислової автоматизації на базі платформи Arduino. Підключення контролера Arduino до SCADA-системи Trace Mode	4	
5	Технології Інтернету речей. Прототипування рішень IoT на базі Arduino. Середовище візуальної розробки JavaScript додатків Node-RED для IoT. Протоколи HTTP, MQTT і Modbus TCP. Створення Dashboard	4	
6	Технології Інтернету речей. Прототипування рішень промислової автоматизації на базі платформи Raspberry PI. З'єднання Raspberry PI з Arduino. ОС Windows 10 IoT Core. Знайомство з Microsoft Azure IoT Hub	4	
	Разом	24	

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
1	Тема 1. Сучасні особливості та проблеми автоматизації виробництва	2	
2	Тема 2. Системна інтеграція проектів АСУ ТП	4	
3	Тема 3. Можливості і характеристики сучасних SCADA-систем	8	

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
4	Тема 4. Виконавчі механізми. Класифікація та особливості управління	12	
5	Тема 5. Сучасні апаратно-технічні засоби автоматизації	10	
6	Тема 6. Використання стандартів GSM, SMS, GPRS	12	
7	Тема 7. Сучасні ОСРЧ	12	
8	Тема 8. Варіанти організації НМІ у сучасних SCADA-системах	30	
9	Тема 9. Порівняльний аналіз варіантів організації зв'язку у сучасних АСУ ТП	10	
10	Тема 10. Створення інформаційних порталів підприємств	20	
	Разом	120	

9. Індивідуальні завдання

Виконання розрахункової роботи на тему «Розробка проекту АСУ ТП у SCADA-системі».

10. Методи навчання

Проведення лекцій, презентацій, лабораторних занять, індивідуальні консультації з питань нового матеріалу, самостійна робота здобувачів вищої освіти.

11. Методи контролю

Здача лабораторних робіт, модульний контроль, РР, іспит.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Розподіл балів, які отримують здобувачів вищої освіти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної Роботи	Бали за одне заняття	Кількість занять	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...0.5	10	0...5
Виконання і	0...8	3	0...24

Складові навчальної Роботи	Бали за одне заняття	Кількість занять	Сумарна кількість балів
захист лабораторних робіт			
Модульний контроль	0...14	1	0...14
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...0.5	8	0...4
Виконання і захист лабораторних робіт	0...8	3	0...24
Виконання розрахункової роботи	0...15	1	0...15
Модульний контроль	0...14	1	0...14
Усього за семестр			0...100

З метою активізації аудиторної та самостійної роботи здобувачів вищої освіти розроблено презентації лекцій, а також набори тестів для організації електронного навчання та модульного контролю.

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача вищої освіти від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з 2 теоретичних запитань та 1 практичного завдання. За повну правильну відповідь на два перших запитання здобувач вищої освіти отримує по 30 балів. За повну правильну відповідь на практичне завдання – 40 балів.

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- принципи побудови, основні поняття і функції розподілених АСУ ТП;
- архітектуру сучасних SCADA-систем;
- основні поняття та складові Industrial 4.0;
- мережі, інтерфейси, протоколи взаємодії в SCADA-системах;
- принципи побудови АСУ ТП за допомогою технології SCADA-систем.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- практично використовувати технології промислової автоматизації при створенні розподілених АСУ ТП;
- застосовувати інструментарій SCADA-систем при побудові АСУ ТП;
- розробляти управляючі алгоритми та програми для контролерів та SCADA-систем;

– практично використовувати технології Industrial 4.0.

Критерії оцінювання роботи здобувачів протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Вміти самостійно формулювати основні вимоги та обмеження до досліджуваних об'єктів і процесів. Знати принципи побудови, основні поняття і функції розподілених АСУ ТП. Знати існуючі підходи та сучасні технології створення розподілених автоматизованих систем управління технологічними процесами.

Добре (75-89). Мати достатній рівень знань з розподілених автоматизованих систем управління технологічними процесами та технологій Industrial 4.0. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк, з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновані у роботах. Виконати та захистити розрахункову роботу. Вміти детально пояснювати складові архітектури АСУ ТП та SCADA-систем, застосовувати інтерфейси та протоколи для взаємодії з комплексом апаратно-технічних засобів автоматизації, створювати системи за допомогою інструментарію SCADA-систем. Знати характеристики основних компонентів розподілених автоматизованих систем управління технологічними процесами та особливостей їх інтеграції.

Відмінно (90-100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Детально знати усі теми дисципліни. Досконально знати інформаційні технології промислової автоматизації у рамках курсу. Вміти формувати завдання з проектування АСУ ТП та створювати їх у SCADA-системі. Безпомилково виконувати та захищати всі лабораторні роботи, а також розрахункову роботу в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за національною шкалою	
	Іспит, диференційований залік, курсова робота	Залік
90-100	Відмінно	Зараховано
75-89	Добре	
60-74	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Федорович О.Є., Прохоров О.В., Головань К.В. Системи обробки інформації і управління розподіленими виробництвами / - Навч. посібник (Гриф Міністерства освіти і науки України) Харків: Нац. аерокосм. ун-т "Харк. авіац. ін-т", 2006. – 236 с.

2. Федорович О.Е., Прохоров А.В., Головань К.В. Системы промышленной автоматизации на основе технологии SCADA / - Учеб. пособие по лаб. Практикуму Харьков: Нац. аерокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2007. – 126 с.

3. Навчально-методичне забезпечення дисципліни «Розподілені системи обробки інформації та управління» [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://library.khai.edu/library/fulltexts/doc/01Rozpodileni.pdf>

14. Рекомендована література

Базова

1. Андреев Е. SCADA-системы: взгляд изнутри. 2004 г. - 176с.

2. Архитектуры, модели и технологии программного обеспечения информационно-управляющих систем: Монография / Ткачук Н.В., Шеховцов В.А., Кукленко Д.В., Сокол В.Е. Под ред. М.Д. Годлевского. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2005. - 546 с.

3. Деменков Н.П. SCADA-системы как инструмент проектирования АСУТП: Учебное пособие - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2004.- 328с.

Допоміжна

1. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования. - М.: СОЛОН-Пресс – 2004.

2. Проектирование систем автоматизации техническими процессами: Справочное пособие / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев; Под ред. А.С. Ключева. - 2-е издание, переработ, и дополненное - М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

3. Родионов В.Д., Терехов В.А., Яковлев В.Б. Технические средства АСУТП. Уч. пособие для вузов – М.: Высш. шк., 1989. – 262с.

4. С.И. Ляпунов, А.И. Корнеева Некоторые особенности развития SCADA-систем // Промышленные АСУ и контроллеры – 2002. - №11.

5. Проектирование систем автоматизации техническими процессами: Справочное пособие / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев; Под ред. А.С. Ключева. - 2-е издание, переработ, и дополненное - М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

6. Петриненко А.В., Бабак Д.В. Разработка структуры программного обеспечения современных многоуровневых АСУТП. 36. науч. произ. за

материалами 3-го междунар. Молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI век», 1999 – ч2 – С.160-163

7. Анзимилов Л.В. TRACE MODE управление производством. 1997-№12-с.38-44.

8. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для втузов/ Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, А.Г. Схиртладзе, и др.; под ред. Н.М. Капустина. М. : Высш.шк. – 2004. – 223с.

9. Бородин И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления : учебник для техникумов / И.Ф. Бородин, С.А. Андреев. - М. : КолосС, 2005. – 352с.

10. Вережкин А.П., Попков В.Ф. Технические средства автоматизации. Исполнительные устройства: Учеб. пособ. -Уфа.: Изд-во УНИ, 1996. – 95с.

15. Інформаційні ресурси

1. Industry 4.0 // <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/industry-4>

2. Асоціація Підприємств Промислової Автоматизації України // <https://appau.org.ua/>

3. SCADA TRACE MODE // <http://www.adastra.ru>

4. Промисловий Інтернет Речей // <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/promyshlennyj-internet-veschej>

5. LoRa Alliance // <https://lora-alliance.org/>