

**Силабус
вибіркового компоненту ВД**

Оптимальне керування підйомно-транспортними машинами

Назва дисципліни:	Оптимальне керування підйомно-транспортними машинами
Рівень вищої освіти:	третій (освітньо-науковий)
Сторінка курсу в Moodle:	https://dl2022.khadi-kh.com/course/view.php?id=5133
Обсяг освітнього компоненту	4 кредити (120 годин)
Форма підсумкового контролю	Залік
Консультації:	за графіком
Назва кафедри:	кафедра будівельних і дорожніх машин ім. А.М. Холодова
Мова викладання:	українська
Керівник курсу:	Щербак Олег Віталійович, к.т.н., доцент
Контактний телефон:	38097-23-33-083
E-mail:	Kaf_bdm@ukr.net

Короткий зміст освітнього компоненту:

Метою є розробка найбільш раціональних способів керування крановими механізмами в автоматичному режимі за допомогою мікропроцесора, оптимізація процесу керування, при якій досягається мінімальний час перевантажувального циклу шляхом точного позиціонування й усунення коливань вантажу після зупинки кранових механізмів.

Предмет: теоретичні та методологічні основи, методичні положення раціональних способів керування крановими механізмами

Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- обґрунтування і представлення єдиних теоретико-методологічних основ вивчення та аналізу способів керування крановими механізмами;
- вивчення методів оптимального керування крановими механізмами;
- формування напрямків удосконалення і розвитку керування крановими механізмами;
- формування навичок організації самостійної науково-дослідницької роботи і презентації результатів наукових досліджень.

Передумови для вивчення освітнього компоненту:

- Загальний устрій підйомно-транспортних машин; Вантажопідйомна транспортна та транспортуєча техніка; Методи математичного моделювання робочих процесів машин; Аналіз та синтез систем автоматичного керування в MatLab.

Компетентності, яких набуває здобувач:

Загальні компетентності:

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, генерувати нові ідеї та розв'язувати комплексні проблеми галузевого машинобудування.

Здатність розв'язувати проблеми у сфері галузевого машинобудування на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору, з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Здатність до особистого та професійного розвитку

Спеціальні (фахові) компетентності:

Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у механічній інженерії та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з механічної інженерії та суміжних галузей.

Здатність критично аналізувати, оцінювати і синтезувати нові та комплексні ідеї у сфері галузевого машинобудування та з дотичних міждисциплінарних питань.

Здатність генерувати нові ідеї щодо розвитку теорії та практики галузевого машинобудування, виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

Здатність прогнозувати перспективи розвитку піднімально-транспортних машин із залученням сучасних методів.

Результати навчання:

Мати концептуальні та методологічні знання з механічної інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми механічної інженерії державною та іноземною мовами, оприлюднювати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.

Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у механічній інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямках.

Глибоко розуміти загальні принципи та методи механічної інженерії а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері галузевого машинобудування та у викладацькій практиці.

Тематичний план

№ теми	Назва тем (ЛК, ЛР, ПР, СЗ, СР)	Кількість годин	
		очна	заочна
1	ЛК Сучасний стан у галузі керування кранами.	2	2
	-	-	-
	СР Аналітичний огляд видів керування.	12	12
2	ЛК Огляд систем автоматичного керування кранами на основі мікропроцесорної техніки.	2	2
	ПР Побудова математичної моделі механізму підйому вантажу мостового крану.	2	2
	СР Вступ до оптимального керування кранами з гнучким підвісом вантажу.	12	12
3	ЛК Розробка оптимальних за швидкістю законів керування для мостових кранів.	2	2
	-	-	-
	СР Короткий огляд законів керування.	12	12

4	ЛК Вибір параметра керування і розрахункової схеми.	2	2
	ПР Рішення у Simulink математичної моделі механізму підйому вантажу мостового крана.	2	2
	СР Визначення динамічних навантажень вантажопідйомного механізму крана.	12	12
5	ЛК Дослідження типу закона оптимального керування за характеристиками швидкості візка з підвішеним вантажем. Метод фазової площини.	2	2
	-	-	-
	СР Оптимальний закон керування без урахування фазових обмежень. Оптимальний закон керування з урахуванням обмеження на швидкість візка. . Оптимальний закон керування з урахуванням демпфірування коливань вантажу.	12	12
6	ЛК Оптимізація керування розгойдування вантажу з обмеженням на відхилення вантажу від вертикалі. Квазіоптимальні закони керування. Оптимізація руху крана (візка) з масою більшою за масу вантажу. Оптимізація руху крана (візка) з масою меншою за масу вантажу.	2	2
	ПР Дослідження оптимального керування візком при постійній довжині підвісу.	2	2
	СР Дослідження оптимального керування механізму повороту баштового крана.	12	12
7	ЛК Чисельні методи розрахунку законів оптимального керування та кривих перехідних процесів при різних видах керування..	2	2
	-	-	-
	СР Системи керування, які забезпечують реалізацію оптимальних характеристик.	12	12
8	ЛК Мікропроцесорні системи підймальних машин. Будова автоматизованих систем керування для складських кранів. Функції та види робіт системи керування. Функції мікропроцесорної системи оптимального керування	2	2
	ПР Датчики мікропроцесорної системи.	2	2
	Сучасні кранові приводи. Автоматизація керування підйомно-транспортними машинами	12	12
Разом	ЛК	16	16
	ПР	8	8
	СР	96	96
Всього		120	120

Методи навчання:

МН1– словесний метод (лекція, пояснення, розповідь);

МН2 – практичний метод (практичні заняття);

МН3 – наочний метод (метод ілюстрацій, метод демонстрацій, складання графічних схем);

МН4 – робота з літературою (навчально-методичною; науковою літературою; робота за підручниками і посібниками; пошук інформації за завданням);

МН6 – Самостійна робота

Форми та методи оцінювання:

ФМО2 – підсумковий контроль (залік)

ФМО3 – усний контроль (бесіда)

ФМО7 – практична перевірка (захист практичних робіт, презентації виконаних завдань та досліджень)

ФМО8 – методи самоконтролю і самооцінки

Система оцінювання та вимоги:**Поточна успішність**

1 Поточна успішність здобувачів за виконання навчальних видів робіт на навчальних заняттях і за виконання завдань самостійної роботи оцінюється за допомогою чотирибальної шкали оцінок з наступним перерахуванням у 100-бальною шкалу. Під час оцінювання поточної успішності враховуються всі види робіт, передбачені навчальною програмою.

1.1 Лекційні заняття оцінюються шляхом визначення якості виконання конкретизованих завдань.

1.2 Практичні заняття оцінюються якістю виконання контрольного або індивідуального завдання, виконання та оформлення практичної роботи.

2 Оцінювання поточної успішності здобувачів вищої освіти здійснюється на кожному практичному занятті (лабораторному чи семінарському) за чотирибальною шкалою («5», «4», «3», «2») і заносяться у журнал обліку академічної успішності.

– «відмінно»: здобувач бездоганно засвоїв теоретичний матеріал, демонструє глибокі знання з відповідної теми або навчальної дисципліни, основні положення;

– «добре»: здобувач добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними аспектами з першоджерел та рекомендованої літератури, аргументовано викладає його; має практичні навички, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу теоретичного змісту або при аналізі практичного;

– «задовільно»: здобувач в основному опанував теоретичні знання навчальної теми, або дисципліни, орієнтується у першоджерелах та рекомендованій літературі, але непереконливо відповідає, плутає поняття, невпевнено відповідає на додаткові питання, не має стабільних знань; відповідаючи на питання практичного характеру, виявляє неточність у знаннях, не вміє оцінювати факти та явища, пов'язувати їх із майбутньою професією;

– «незадовільно»: здобувач не опанував навчальний матеріал теми (дисципліни), не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, відсутнє наукове мислення, практичні навички не сформовані.

3 Підсумковий бал за поточну діяльність визнається як середньоарифметична сума балів за кожне заняття, за індивідуальну роботу, поточні контрольні роботи за формулою:

$$K^{поточ} = \frac{K1 + K2 + \dots + Kn}{n},$$

де $K^{поточ}$ – підсумкова оцінка успішності за результатами поточного контролю;

$K1, K2, \dots, Kn$ – оцінка успішності n -го заходу поточного контролю;

n – кількість заходів поточного контролю.

Оцінки конвертуються у бали згідно шкали перерахунку (таблиця 1).

Таблиця 1 – Перерахунок середньої оцінки за поточну діяльність у багатобальну шкалу

4-бальна шкала	100-бальна шкала	4- бальна шкала	100-бальна шкала	4- бальна шкала	100-бальна шкала	4- бальна шкала	100- бальна шкала
5	100	4,45	89	3,90	78	3,35	67
4,95	99	4,4	88	3,85	77	3,3	66
4,9	98	4,35	87	3,80	76	3,25	65
4,85	97	4,3	86	3,75	75	3,2	64
4,8	96	4,25	85	3,7	74	3,15	63
4,75	95	4,20	84	3,65	73	3,1	62
4,7	94	4,15	83	3,60	72	3,05	61
4,65	93	4,10	82	3,55	71	3	60
4,6	92	4,05	81	3,5	70	від 1,78 до 2,99	
						повторне складання	
4,55	91	4,00	80	3,45	69	від 0 до 1,77	від 0 до 34
4,5	90	3,95	79	3,4	68	повторне вивчення	

Підсумкове оцінювання

1 Здобувач вищої освіти отримує залік на останньому занятті з дисципліни за результатами поточного оцінювання. Середня оцінка за поточну діяльність конвертується у бали за 100-бальною шкалою, відповідно до таблиці перерахунку (таблиця 1).

Здобувачі вищої освіти, які мають середню поточну оцінку з дисципліни нижче ніж «3» (60 балів), на останньому занятті можуть підвищити свій поточний бал шляхом складання тестів з дисципліни.

Оцінювання знань здобувачів шляхом тестування здійснюється за шкалою:

- «Відмінно»: не менше 90 % правильних відповідей;
- «Дуже добре»: від 82 % до 89 % правильних відповідей;
- «Добре»: від 74 % до 81 % правильних відповідей;
- «Задовільно»: від 67 % до 73% правильних відповідей;
- «Задовільно достатньо»: від 60 % до 66 % правильних відповідей;
- «Незадовільно»: менше 60 % правильних відповідей.

2 Умовою отримання заліку є:

- відпрацювання всіх пропущених занять;
- середня поточна оцінка з дисципліни не нижче «3» (60 балів).

3 За виконання індивідуальної самостійної роботи та участь у наукових заходах здобувачам нараховуються додаткові бали.

3.1 Додаткові бали додаються до суми балів, набраних здобувачем вищої освіти за поточну навчальну діяльність (для дисциплін, підсумковою формою контролю для яких є залік), або до підсумкової оцінки з дисципліни, підсумковою формою контролю для якої є екзамен.

3.2 Кількість додаткових балів, яка нараховується за різні види індивідуальних завдань, залежить від їх об'єму та значимості:

- призові місця з дисципліни на міжнародному / всеукраїнському конкурсі наукових студентських робіт – 20 балів;
- призові місця з дисципліни на всеукраїнських олімпіадах – 20 балів;
- участь у міжнародному / всеукраїнському конкурсі наукових студентських робіт – 15 балів
- участь у міжнародних / всеукраїнських наукових конференціях студентів та молодих вчених – 12 балів;

- участь у всеукраїнських олімпіадах з дисципліни – 10 балів
- участь в олімпіадах і наукових конференціях ХНАДУ з дисципліни – 5 балів;
- виконання індивідуальних науково-дослідних (навчально-дослідних) завдань підвищеної складності – 5 балів.

3.3 Кількість додаткових балів не може перевищувати 20 балів.

4 Результат навчання оцінюється :

– за двобальною шкалою (зараховано/не зараховано) згідно з таблицею 2;

Підсумкова оцінка разом з додатковими балами не може перевищувати 100 балів.

Таблиця 2 – Шкала переведення балів у національну систему оцінювання

За 100-бальною шкалою	За національною шкалою
від 60 балів до 100 балів	зараховано
менше 60 балів	незараховано

Таблиця 3 – Шкала оцінювання знань здобувачів за результатами підсумкового контролю з навчальної дисципліни

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою		Оцінка за шкалою ЄКТС	
	екзамен	залік	Оцінка	Критерії
90-100	Відмінно	Зараховано	A	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до максимального
80–89			B	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання більшості з них оцінено числом балів, близьким до максимального
75-79			C	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, деякі практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані недостатньо, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконані з помилками

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою		Оцінка за шкалою ЄКТС	
	екзамен	залік	Оцінка	Критерії
67-74	Задовільно		D	Теоретичний зміст курсу освоєний частково, але прогалини не носять істотного характеру, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань виконано, деякі з виконаних завдань, можливо, містять помилки
60-66			E	Теоретичний зміст курсу освоєний частково, деякі практичні навички роботи не сформовані, багато передбачених програмою навчання навчальних завдань не виконані, або якість виконання деяких з них оцінено числом балів, близьким до мінімального.
35-59	Незадовільно	Не зараховано	FX	Теоретичний зміст курсу освоєний частково, необхідні практичні навички роботи не сформовані, більшість передбачених програм навчання навчальних завдань не виконано, або якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального; при додатковій самостійній роботі над матеріалом курсу можливе підвищення якості виконання навчальних завдань (з можливістю повторного складання)
0-34	Неприйнятно		F	Теоретичний зміст курсу не освоєно, необхідні практичні навички роботи не сформовані, усі виконані навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над матеріалом курсу не приведе до якого-небудь значущого підвищення якості виконання навчальних завдань (з обов'язковим повторним курсом)

Політика курсу:

- курс передбачає роботу в колективі, середовище в аудиторії є дружнім, творчим, відкритим до конструктивної критики;
- освоєння дисципліни передбачає обов'язкове відвідування лекцій і практичних занять, а також самостійну роботу;
- самостійна робота передбачає вивчення окремих тем навчальної дисципліни, які винесені відповідно до програми на самостійне опрацювання, або ж були розглянуті стисло;
- усі завдання, передбачені програмою, мають бути виконані у встановлений термін;
- якщо здобувач вищої освіти відсутній на заняттях з поважної причини, він презентує виконані завдання під час самостійної підготовки та консультації викладача;
- під час вивчення курсу здобувачі вищої освіти повинні дотримуватись правил академічної доброчесності, викладених у таких документах: «Правила академічної

добросовісності учасників освітнього процесу ХНАДУ» (https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvnz_67_01_dobroch_1.pdf), «Академічна добросовісність. Перевірка тексту академічних, наукових та кваліфікаційних робіт на плагіат» (https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvnz_85_1_01.pdf), «Морально-етичний кодекс учасників освітнього процесу ХНАДУ» (https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvnz_67_01_MEK_1.pdf).
 – у разі виявлення факту плагіату здобувач отримує за завдання 0 балів і повинен повторно виконати завдання, які передбачені у силабусі;
 – списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних пристроїв). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування.

Рекомендована література:

1. Grigorow O. Optimale Steuerung für Hebe- und Fördermaschinen : навч. посіб. / O. Grigorow, W. Swirgun, G. Anishchenko u.a. – X. : НТУ "ХПІ", 2013. – 240 с. – Нім. мовою.
2. Ловейкін В.С. Оптимальне керування рухом динамічних систем з урахуванням вищих похідних функції керування / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич // Науковий вісник НЛТУ України. Випуск 21.15. – Львів. – С. 304-312.
3. H. Shi, G. Li, X. Ma, et J. Sun, Research on Nonlinear Coupling Anti-Swing Control Method of Double Pendulum Gantry Crane Based on Improved Energy, Symmetry, vol. 11, no 12, p. 1511, Dec. 2019. <https://doi.org/10.3390/sym11121511>.
4. M. N. Vu, A. Lobe, F. Beck, T. Weingartshofer, C. Hartl-Nesic, et A. Kugi, Fast trajectory planning and control of a lab-scale 3D gantry crane for a moving target in an environment with obstacles, Control Eng. Pract., vol. 126, p. 105255 Sept. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2022.105255>.
5. W. Tang, E. Zhao, L. Sun, et H. Gao, An active swing suppression control scheme of overhead cranes based on input shaping model predictive control, Syst. Sci. Control Eng., vol. 11, no 1, p. 2188401, Dec. 2023. <https://doi.org/10.1080/21642583.2023.2188401>.
6. M. Li, H. Chen, et R. Zhang, An Input Dead Zones Considered Adaptive Fuzzy Control Approach for Double Pendulum Cranes With Variable Rope Lengths, IEEEASME Trans. Mechatron., vol. 27, no 5, p. 3385-3396, Oct. 2022. <https://doi.org/10.1109/TMECH.2021.3137818>.
7. C. Zhou, B. K. Lee, et H. Li, Integrated optimization on yard crane scheduling and vehicle positioning at container yards, Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev., vol. 138, p. 101966, June 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101966>.
8. Z. Chen, Z. Chen, et B. Yao, Modeling and H^∞ Position Control of a Spreader in the Gantry Crane, IFAC-Pap., vol. 54, no 20, p. 592-597, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.11.236>.
9. Mar, R., Goyal, A., Nguyen, V., Yang, T., Singhose, W.: Combined input shaping and feedback control for double-pendulum systems. Mech. Syst. Signal Process. 85, 267–277 (2017).
10. Shi H., Yao F., Yuan Z., Tong S., Tang Y., Han G.: Research on nonlinear coupled tracking controller for double pendulum gantry cranes with load hoisting/lowering. Nonlinear Dyn. 108, 223–238 (2022).

11. Aguiar, C., Leite, D., Pereira, D., Andonovski, G., Krjanc, I.: Nonlinear modeling and robust LMI fuzzy control of overhead crane systems. J. Frankl. Inst. 358(2) 1376–1402 (2021).

Додаткова література:

1. Tuan, L.A., Lee, S.-G., Moon, S.-C.: Partial feedback linearization and sliding mode techniques for 2D crane control. Trans. Inst. Meas. Control 36(1), 78–87 (2014).
2. Shen, P.-Y., Schatz, J., Caverly, R.J.: Passivity-based adaptive trajectory control of an underactuated 3-DOF overhead crane. Control Eng. Pract. 112, 104834 (2021.)
3. Wu, Q., Wang, X., Hua, L., Xia, M.: Modeling and nonlinear sliding mode controls of double pendulum cranes considering distributed mass beams, varying roped length and external disturbances. Mech. Syst. Signal Process. 158, 107756 (2021).
4. Peng, K., Singhose, W., Gurleyuk, S.: 'Initial investigations of hand-motion crane control with double-pendulum payloads'. Proc. of the 2012 American Control Conf., 2012, pp. 6270–6275.

Додаткові джерела:

1. Дистанційний курс: <https://dl2022.khadi-kh.com/course/view.php?id=5133>

Розробник

силабусу навчальної дисципліни

підпис

Олег ЩЕРБАК

ПІ

Завідувач кафедри

підпис

Наталія ФІДРОВСЬКА

ПІ