

# СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РОБОТОМ-МАНІПУЛЯТОРОМ У СКЛАДІ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА НА БАЗІ ПРОГРАМОВАНОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА SIEMENS S7-300

УДК 681.51:629.7.062

## **КРАЙНОВ Валерій Євгенійович**

студент 4-го курсу групи 4СУ Херсонського національного технічного університету;

**E-mail:** valkray@ukr.net.

## **ЛЕБЕДЕНКО Юрій Олександрович**

к.т.н., доцент кафедри технічної кібернетики Херсонського національного технічного університету;

**Наукові інтереси:** підвищення ефективності процесів керування перетворенням електричної енергії в автономних енергетичних системах.

**E-mail:** lebedenko@kntu.net.ua.

## **ОМЕЛЬЧУК Антон Анатолійович**

к.т.н., старший лаборант кафедри технічної кібернетики Херсонського національного технічного університету;

**Наукові інтереси:** комп'ютеризовані системи керування складними багатоприводними комплексами.

**E-mail:** steel\_john@mail.ru.

### **ВСТУП**

Сьогодення потребує від спеціалістів у галузі автоматики та систем управління широких знань і вмінь у питаннях, що пов'язані з керуванням складними виробничими комплексами і багатоприводними системами зокрема. Слід зазначити, що чимало вдалих рішень вже було винайдено і впроваджено виробниками сучасних засобів автоматизації. Тому вивчення їхніх можливостей та набуття навичок роботи з ними, є одним з пріоритетних напрямків у підготовці студентів у галузі автоматики [1].

Вирішення задачі керування серводвигунами окремо [2], чи у складі різноманітних систем та механізмів [3] є актуальним завданням, оскільки серводвигуни широко застосовуються як, безпосередньо, у ви-

робництві, так і в конкретних кінцевих виробках. Більшість невеликих сервоприводів, як аналогових так і цифрових, мають у своєму складі окремий блок управління і керуються за допомогою широтно-імпульсної модуляції, завдяки чому добре підходять для використання у лабораторних роботах як окремо, так і у складі робота-маніпулятора.

### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ**

Метою досліджень є розробка та побудова автоматизованої системи керування роботом-маніпулятором на базі сучасного програмованого логічного контролера (ПЛК) для подальшого використання у якості лабораторного стенду і застосування у навчальному процесі.

**РІШЕННЯ ЗАДАЧІ**

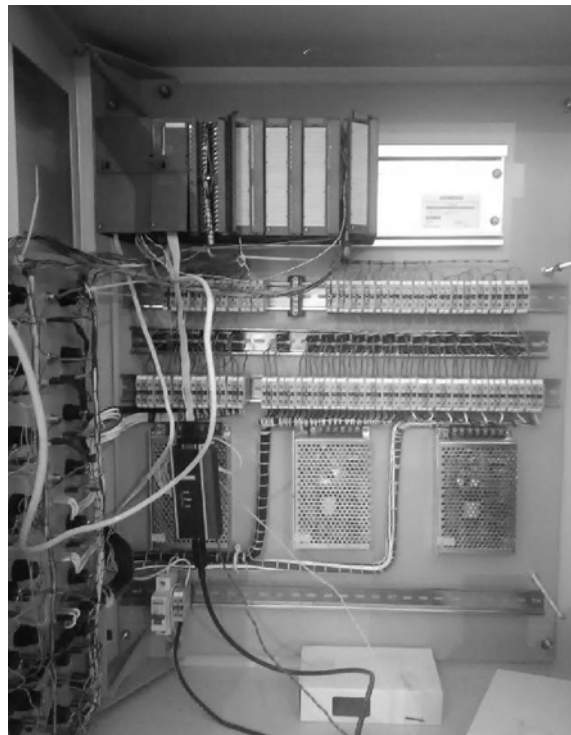
Розробка системи керування проводилася на базі лабораторного стенду Siemens, який було створено на кафедрі технічної кібернетики Херсонського національного технічного університету. Зовнішній вигляд стенда наведено на рис. 1.

Стенд має у своєму складі ПЛК Siemens S7-300 (CPU 312c), аналогові і цифрові модулі вводу/виводу, рідкокристалічну сенсорну панель (SIEMENS Basic color DP) та

різноманітну периферію: набір реле; кнопки; світлові індикатори; зовнішні клеми, до яких під'єднано відповідні входи і виходи ПЛК; додаткові блоки живлення для підключення об'єктів керування. Крім того, до складу стенда входить персональний комп'ютер з інстальованими програмними пакетами SIMATIC STEP 7 v5.5 та WinCC v7.2.



а) – вигляд зовнішньої панелі стенда

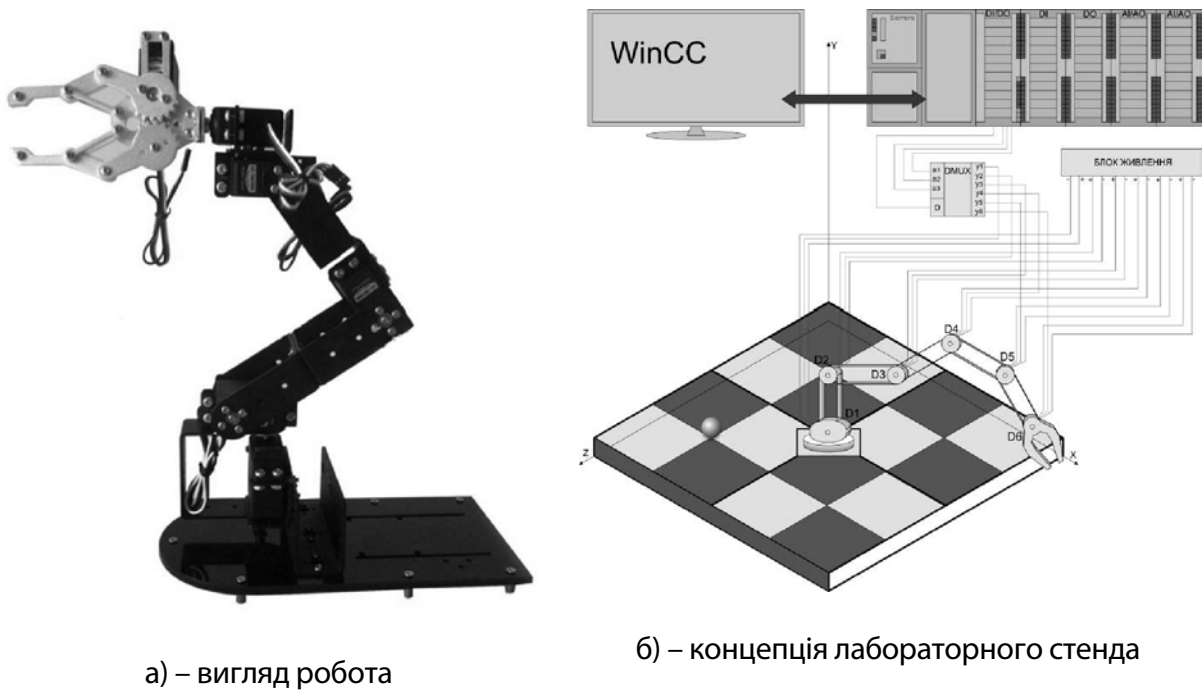


б) – внутрішня компоновка стенда

Рис. 1 Зовнішній вигляд навчального стенда на базі Siemens S7-300

В якості об'єкта керування для стенда був обраний робот-маніпулятор, який складається з шести серводвигунів постійного струму, захвату та семисегментного металевих каркасу, що забезпечує мані-

пуляторіві шість ступенів вільності. Зовнішній вигляд обраного робота і структура системи керування ним наведені на рис. 2. Робот розташовується на платформі з координатною сіткою.



а) – вигляд робота

б) – концепція лабораторного стенда

Рис. 2 Вигляд системи для лабораторного стенда

Приводи робота можуть працювати незалежно, коли здійснюються послідовні рухи по різних ступенях рухливості, і спільно, коли потрібно відтворити задану траєкторію в просторі. І в першому і в другому випадку прийнято говорити про систему приводів робота. У динамічному відношенні другий випадок, безсумнівно, більш складний, тому що через загальне навантаження (для системи приводів робота – це маніпулятор) відбувається вза-

мний вплив рухів по різних ступенях рухливості.

Важливо зазначити, що розглянута автоматизована система використовує людино-машинний інтерфейс, який забезпечує супервізорний контроль робота-маніпулятора. Це забезпечується використанням у складі системи персонального комп'ютера (або спеціальних операторних панелей) з встановленою SCADA системою WinCC. Структурна схема системи керування показана нижче на рис.3.

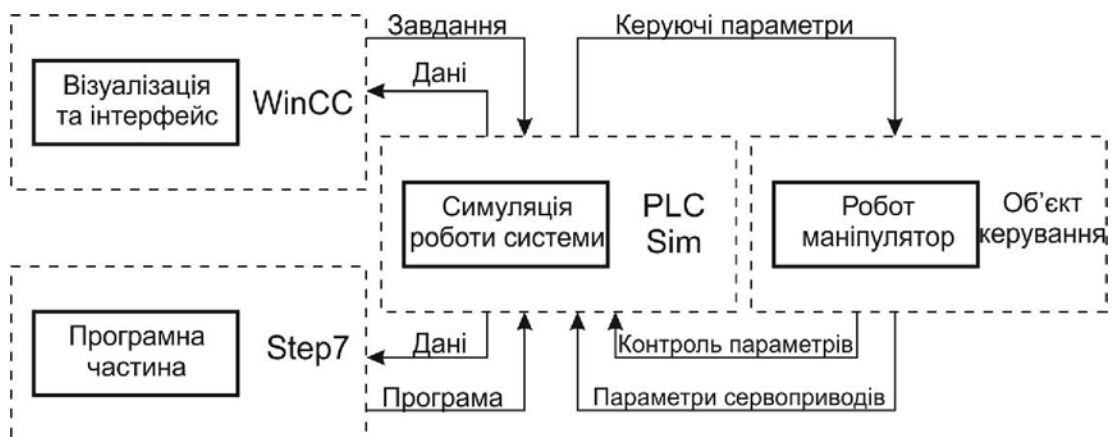


Рис. 3. Структурна схема системи керування роботом-маніпулятором

Завдання системи керування полягає у переміщенні захвата маніпулятора у будь-яку точку на платформі, підйомі вантажу та його переносі в іншу точку. Тобто потрібно, враховуючи певні збурення, забезпечити максимально точне позиціонування робота у межах платформи, яка імітує виробничий майданчик, конвеєр тощо.

Переміщення робота здійснюється за рахунок сервоприводів типа MG996R. Для

керування такими приводами використовується широтно-імпульсна модуляція. Щоб вказати серводвигуну бажане положення, необхідно використовувати керуючий сигнал, який складається з імпульсів постійної частоти і змінної тривалості (рис. 4). Те, яке положення повинен зайняти відповідний сервопривод, залежить від тривалості імпульсів.

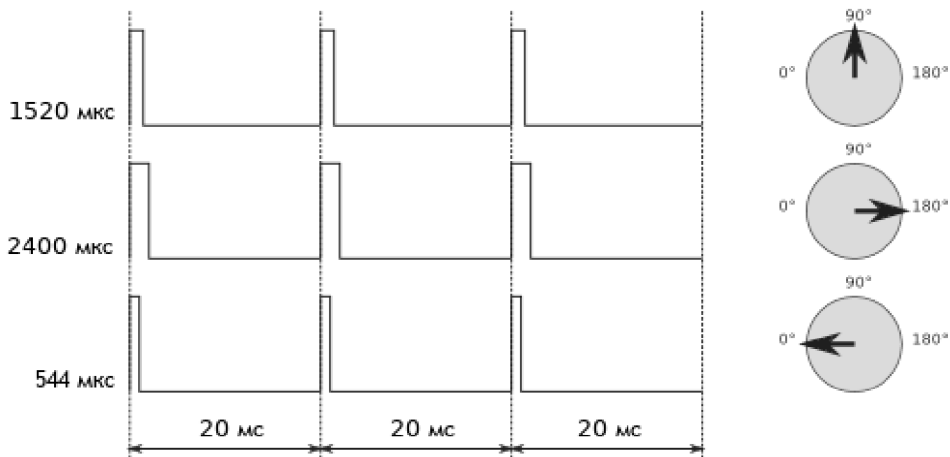


Рис. 4 Організація широтно-імпульсної модуляції для серводвигуна MG996R

Коли сигнал надходить в схему керування сервопривода, наявний в ньому генератор імпульсів виробляє свій імпульс, тривалість якого визначається за допомогою потенціометра. Інша частина схеми порівнює тривалість двох імпульсів. Якщо є розбіжність у тривалості, вмикається

електродвигун. Напрямок обертання визначається тим, який з імпульсів коротший. Двигун зупиняється, якщо довжина імпульсів однакова. Загальна функціональна схема сервопривода представлена на рисунку 5.

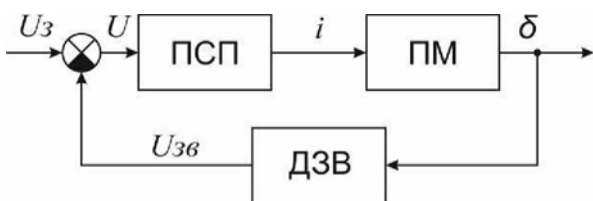


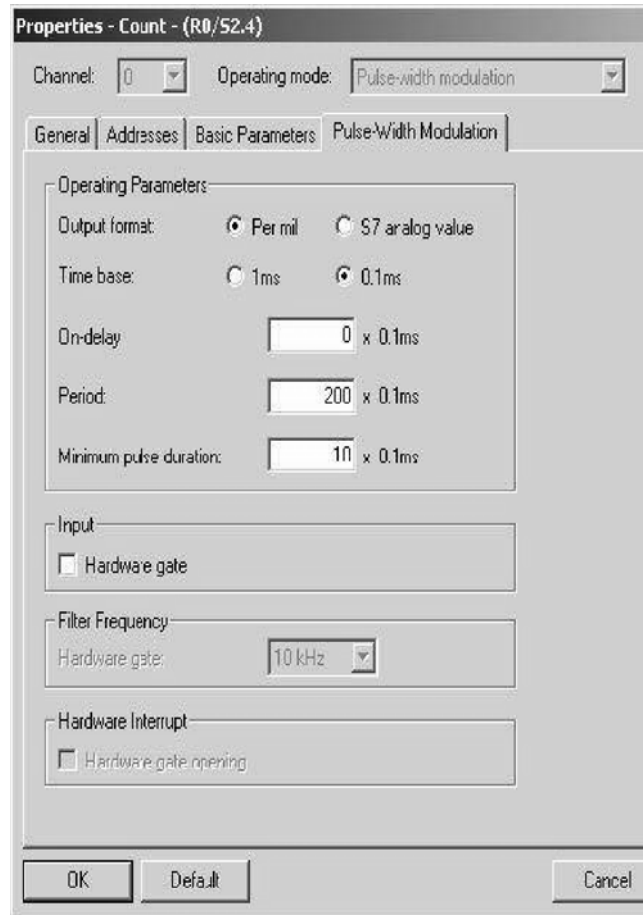
Рис. 5. Функціональна схема системи сервопривода: ПСП – підсилювач сервопривода; РМ – рульовий механізм; ДЗВ – датчик зворотного зв'язку;  $i$  – струм керування механізму;  $U_{зв}$  – струм зворотного зв'язку;  $U_z$  – командний струм;  $U$  – результуючий струм;  $\delta$  – поворот вихідного валу.

Для організації та управління широтно-імпульсною модуляцією у контролері Siemens S7-300 застосовується системний функціональний блок SFB PULSE (SFB 49)

[4]. На рис. 6 наведено окремі функціональні блоки широтно-імпульсного модулятора та його конфігурація у STEP 7



а) – Функціональні блоки широтно-імпульсного модулятора



б) – конфігурація ШІМ

Рис. 6. Організація широтно-імпульсної модуляції на контролері S7-300

Контролер має лише два виходи (канали), що здатні підтримувати ШІМ модуляцію. Оскільки робот-маніпулятор має у своєму складі шість серводвигунів пропонується використання демультіплексора, а також застосування адресної шини, яка, у свою чергу, утворюється дискретними виходами контролера.

Таким чином можна обійтися лише одним ШІМ каналом, сигнал з якого буде передаватися на обраний сервопривод лише у потрібний для його позиціонування проміжок часу. Слід відзначи-

ти, що отримуючи живлення, сервопривод стійко утримує своє поточне положення.

На рис. 7 показані параметри системного функціонального блока SFB PULSE (SFB 49), що безпосередньо відповідає за функціонування широтно-імпульсної модуляції. Тривалість імпульсів визначається величиною параметра OUTP\_VAL, яке може змінюватися у межах від 1 до 1000, тобто від 0.1% до 100% від заданої тривалості періоду широтно-імпульсної модуляції.

Address	Declaration	Name	Type	Initial value	Actual value	Comment
1	0.0 in	LADDR	WORD	W#16#300	W#16#300	Logical base address
2	2.0 in	CHANNEL	INT	0	0	Channel number
3	4.0 in	SW_EN	BOOL	FALSE	TRUE	Software enable
4	4.1 in	MAN_DO	BOOL	FALSE	FALSE	Manual DO enable
5	4.2 in	SET_DO	BOOL	FALSE	FALSE	Manual DO control
6	6.0 in	OUTP_VAL	INT	0	60	PWM output value
7	8.0 in	JOB_REQ	BOOL	FALSE	FALSE	Job request
8	10.0 in	JOB_ID	WORD	W#16#0	W#16#0	Job identification number
9	12.0 in	JOB_VAL	DINT	L#0	L#10000	Job value
10	16.0 out	STS_EN	BOOL	FALSE	TRUE	State of internal enable
11	16.1 out	STS_STRT	BOOL	FALSE	TRUE	State of hardware gate
12	16.2 out	STS_DO	BOOL	FALSE	TRUE	State of DO
13	16.3 out	JOB_DONE	BOOL	TRUE	FALSE	New job can be started
14	16.4 out	JOB_ERR	BOOL	FALSE	FALSE	Job error
15	18.0 out	JOB_STAT	WORD	W#16#0	W#16#0	Job error code
16	20.0 stat	JOB_OVAL	DINT	L#0	L#0	Job output value

Рис. 7. Параметри екземплярного блока, що зберігає параметри системного функціонального блока SFB PULSE

Зміною значення OUTP\_VAL у межах від 15 до 115, досягається поворот кожного окремого сервопривода на кут від 0° до

180°. Елементи програмної частини наведено на рис. 8.

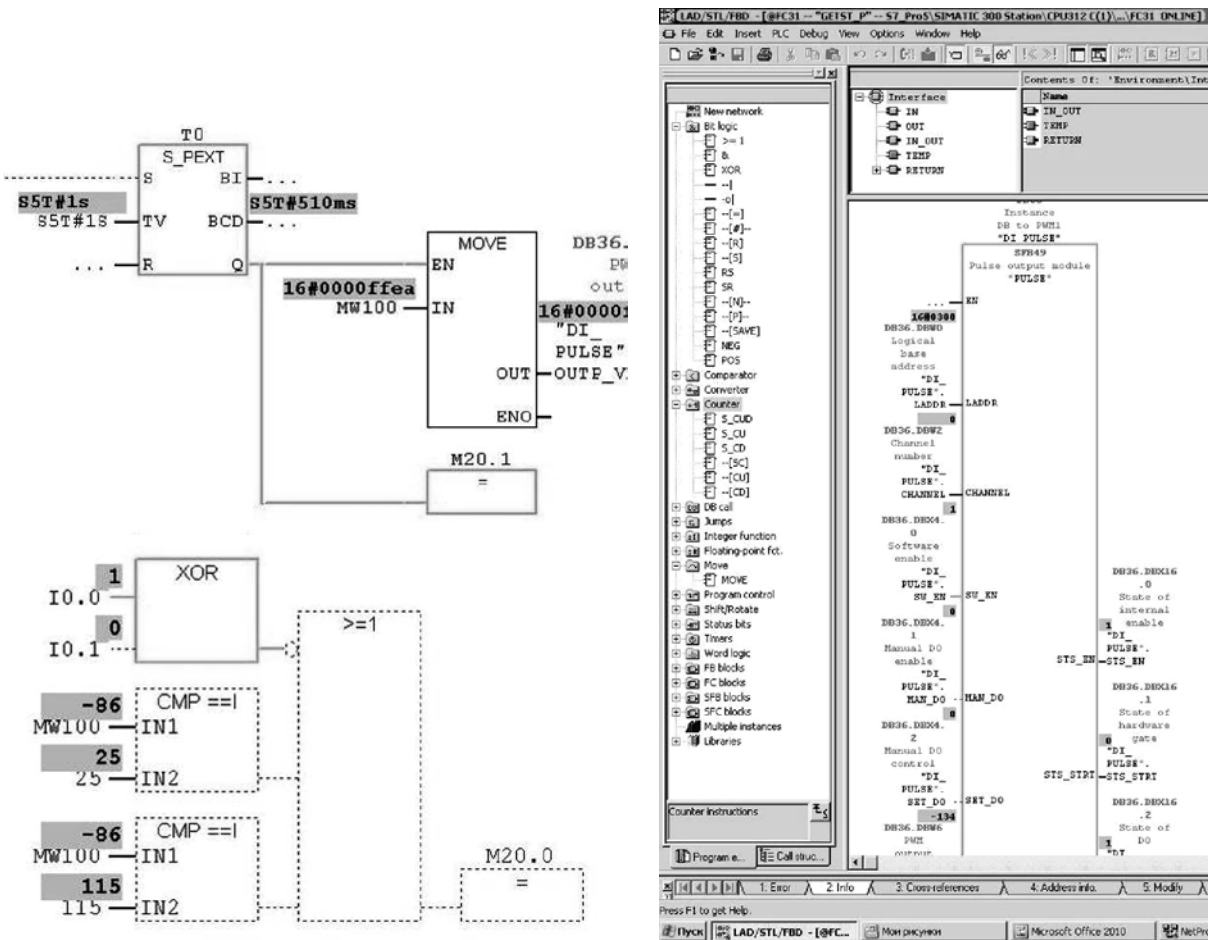


Рис. 8. Сегменти програми в функціональному плані для керування роботом-маніпулятором

**ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ**

Розроблений лабораторний стенд на базі ПЛК Siemens дозволяє керувати роботом-маніпулятором у ручному та автоматичному режимі, імітуючи роботу промислового робота, а також надає можливість програмувати переміщення маніпулятора і здійснювати моніторинг відповідних параметрів системи.

Слід відзначити, що за рахунок універсальності контролера S7-300 та великої кількості входів/виходів системи (як дискретних, так і аналогових), існує можливість суттєво доповнити перелік лабораторних робіт та завдань, які студенти зможуть виконувати за допомогою розробленого лабораторного стенду. Зокрема, це

задачі ознайомлення з програмною та апаратною частинами сучасних промислових контролерів, задачі дослідження роботи серводвигунів та методів керування роботами та роботизованими технологічними комплексами, задачі позиціонування і оптимізації траєкторії, задачі керування багатoprиводними системами. Крім того, можливим є впровадження лабораторних робіт за іншими тематиками, на кшталт контролю нагріву рідини і організації керування електричним нагрівачем за допомогою тієї ж широтно-імпульсної модуляції.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Borisov A.M. Laboratornyj praktikum dlja izuchenija sredstv avtomatizacii i upravlenija / A.M. Borisov, A.S. Nesterov // Vestnik JuUrGU. – Cheljabinsk: JuUrGU, 2010. – № 32. – S. 70 – 75.
2. Belins'kij Ja.O. Rozrobka intelektual'noi sistemi keruvannja servoprivodom / Ja.O. Belins'kij, B.M. Zlotenko. [Elektronnij resurs]// Tehnologii ta dizajn. – K.: KNUVD, 2015. – № 2. – Rezhim dostupu: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/td\\_2015\\_2\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2015_2_9).
3. Mirzaev R.A. Sistema avtomaticheskogo upravlenija servoprivodami / R.A. Mirzaev, N.A. Smimov // Vestnik SibGAU. – Krasnojarsk: SibGAU, 2014. – № 1 (53). – S. 161 – 164.
4. Berger G. Avtomatizacija s pomoshh'ju Step 7 LAD i FBD. Programmiruemye kontrollery SIMATIC S7-300/400. Izdanie 2-e pererabotannoe. / Gans Berger – Siemens AG, 2001. – 776 s.

**Рецензент:** д.т.н., проф. Марасанов В.В.  
Херсонський національний технічний університет