|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | кафедра  Технології  машинобудування НН ММІ |
| **Програмування верстатів з ЧПУ**  **Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)** | | |

# Реквізити навчальної дисципліни

|  |  |
| --- | --- |
| Рівень вищої освіти | *Другий (магістерський)* |
| Галузь знань | *13 Механічна інженерія* |
| Спеціальність | *131 Прикладна механіка* |
| Освітня програма | *Технології машинобудування* |
| Статус дисципліни | *Нормативна* |
| Форма навчання | *очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана* |
| Рік підготовки, семестр | *7 семестр* |
| Обсяг дисципліни | *5 кредитів* |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | *Екзамен* |
| Розклад занять | [*http://rozklad.kpi.ua/*](http://rozklad.kpi.ua/) |
| Мова викладання | *Українська* |
| Інформація про  керівника курсу / викладачів | Лектор: асистент*, Шуплєцов Д.К., d.shuplietsov@gmail.com*  Практичні: асистент*, Шуплєцов Д.К., d.shuplietsov@gmail.com*  Лабораторні: асистент*, Шуплєцов Д.К., d.shuplietsov@gmail.com* |
| Розміщення курсу | https://classroom.google.com/u/1/c/NDEyNjE0OTgwMzg3 |

# Програма навчальної дисципліни

# Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

*Підйом і подальший розвиток машинобудівного комплексу України можливі тільки на основі використанні високоавтоматизованого, мобільного в переналагодженні устаткування, такого як верстати з ЧПК. Ефективна експлуатація верстатів з ЧПК забезпечується раціональною технологічною підготовкою виробництва (ТПВ) і проектуванням оптимальних технологічних процесів (ТП).*

*Мета викладання дисципліни «Програмування верстатів» – вивчити особливості проектування ТП для верстатів із ЧПК, щоб потім у виробничих умовах самостійно розробляти ефективні ТП виготовлення деталей машин на базі устаткування з ЧПК.*

*Завдання – в процесі навчання набути знання основних залежностей та взаємозв’язків, які виникають при: виконанні ТПВ для верстатів з ЧПК; проектуванні маршрутних і операційних ТП із застосуванням методів оптимізації режимів різання та траєкторій робочих і холостих переміщень; розробці технічної документації на маршрутні й операційні ТП; виконанні заходів щодо підвищення точності і продуктивності обробки, зниження трудомісткості проектування ТП і програмування; уміння правильно обґрунтувати і розробити ТП обробки деталі на верстатах з ЧПК; навички програмування, кодування і запису КП.*

***Основні завдання навчальної дисципліни.***

*Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають отримати наступні програмні компетенції:*

***Фахові компетенції***

*ФК13. Здатність обґрунтовано обирати типові складові елементи при проектуванні оснастки для розробленого технологічного процесу*

*ФК16. Здатність обґрунтовувати вибір, визначати робочі параметри обладнання автоматизованого виробництва машинобудівних підприємств та проектувати їх типові вузли*

***Та продемонструвати такі програмні результати навчання:***

*РН17. Складати алгоритми і комп’ютерні програми мовами програмування з використанням сучасних інформаційних технологій*

*РН19. Використовувати засоби інформаційних технологій проектування в задачах технічної підготовки виробництва.*

*РН20. Здійснювати інформаційно-аналітичні дослідження заданої тематики.*

*РН26. Розробляти керуючі програми для верстатів з ЧПК для обробки складних поверхонь заготовок деталей машин і засобів механізації і автоматизації технологічних процесів*

# Пререквізити та місце дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

*Для вивчення даної дисципліни необхідно вивчити наступні дисципліни: «Технологія машинобудування», «Теорія різання», «Теорія автоматичного управління технологічними системами», «Технологічна оснастка», «Різальний інструмент», «Основи тривимірного моделювання».*

*Ця дисципліна є однією із базових дисциплін для дипломного проектування.*

# Зміст навчальної дисципліни

| *Назви розділів і тем* | *Кількість (кредитів) годин* | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *у тому числі* | | | | | |
| *Всього* | *Лекції* | | *Практичні* | *­ Лабораторні роботи* | *СРС* |
| ***Розділ 1. Передумови створення і використання верстатів і систем з програмним управлінням*** | | | | | | |
| *Тема 1.1 Історія розвитку верстатів з програмним управлінням* | *2* | | *1* |  |  | *1* |
| *Тема 1.2 Системи числового програмного керування* | *6* | | *1* |  | *4* | *1* |
| ***Розділ 2. Конструктивно-технологічні особливості верстатів з ЧПК*** | | | | | | |
| *Тема 2.1 Конструктивні особливості верстатів з ЧПК* | *2* | | *1* |  |  | *1* |
| *Тема 2.2 Алгоритмічне за­безпечення верстатів з ЧПК* | *2* | | *1* |  |  | *1* |
| *Тема 2.3 Елементи конструкції верстатів з ЧПК* | *3* | | *2* |  |  | *1* |
| *Тема 2.4 Показники роботи верстатів з ЧПК* | *3* | | *2* |  |  | *1* |
| ***Розділ 3. Маршрутні технологічні процеси обробки деталей на верстатах з ЧПК*** | | | | | | |
| *Тема 3.1 Особливості технологічних процесів обробки на верстатах з ЧПК* | *4* | | *2* |  |  | *2* |
| *Тема 3.2 Аналіз креслення деталі та вимоги до її технологічності* | *3* | | *1* |  |  | *2* |
| *Тема 3.3 Методи проекту­вання маршрутних ТП обробки на верстатах з ЧПК* | *4* | | *2* |  |  | *2* |
| *Тема 3.4 Розробка марш­рутної технології та вибір обладнання для обробки деталей різних груп* | *4* | | *2* |  |  | *2* |
| *Контрольна робота з розділів 2 і 3* | *3* | | *1* |  |  | *2* |
| ***Розділ 4. Операційні технологічні процеси обробки деталей на верстатах з ЧПК*** | | | | | | |
| *Тема 4.1 Технологія обробки отворів* | *12* | | *2* |  | *8* | *2* |
| *Тема 4.2 Послідовність обробки отворів* | *4* | | *2* |  |  | *2* |
| *Тема 4.3 Формоутворення елементів контуру деталі при токарній обробці* | *14* | | *2* |  | *8* | *4* |
| *Тема 4.4 Особливості розрахунку режимів різання при токарній обробці на верстатах з ЧПК* | *4* | | *2* |  |  | *2* |
| *Тема 4.5 Формоутворення елементів контуру деталі при фрезерній обробці* | *14* | | *2* |  | *8* | *4* |
| *Тема 4.6 Особливості розрахунку режимів різання при фрезерній обробці на верстатах з ЧПК* | *6* | | *2* |  | *4* | *2* |
| ***Розділ 5. Технологічне оснащення обробки деталей на верстатах з ЧПК*** | | | | | | |
| *Тема 5.1 Склад і вимоги до технологічного оснащення верстатів з ЧПК* | *4* | | *2* |  |  | *2* |
| *Тема 5.2 Спеціальне технологічне та інструмен­тальне оснащення для обробки на верстатах з ЧПК* | *4* | | *2* |  |  | *2* |
| ***Розділ 6. Точність обробки на верстатах з ЧПК*** | | | | | | |
| *Тема 6.1 Фактори, що впли­вають на точність обробки.* | *4* | | *2* |  |  | *2* |
| *Тема 6.2 Методи дослідження, контролю і забезпечення точності обробки на верстатах з ЧПК* | *6* | | *2* |  | *4* | *2* |
| *Розрахунково-графічна робота* | *20* | |  |  |  | *20* |
| *Підготовка до іспиту* | *18* | |  |  |  | *18* |
| *Всього:* | *150* | | *36* |  | *36* | *78* |

# Навчальні матеріали та ресурси

*Основна:*

*1.* *Онофрейчук Н.В. Основи обробки та програмування на верстатах з числовим програмним керуванням: підруч./ Н.В.Онофрейчук. – Львів: Світ, 2019. – 352с.*

*2.**Міранцов С. Л. Системи автоматизованого програмування верстатів з ЧПК : навчальний посібник / С. Л. Міранцов, В. І. Тулупов, С. Г. Онищук, Ю. Б. Борисенко, Є. В. Мішура, О. С. Ковалевська – Краматорськ : ДДМА, 2011. – 152 с.*

*3. Кирилович В.А. Технологія автоматизованого виробництва. Випуск 2. Лабораторний практикум. Навчально-методичний посібник./ Кирилович В.А., Сніцар В.Г., Юмашев В.Є. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 276 с.*

*4. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 91 с.*

*5. Доля В. М., Програмування роботизованих технологічних комплексів: навч. посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної та дистанційної форм навчання / В. М. Доля – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – 162 с.*

*Додаткова:*

*6. Autodesk, Inc. Fundamentals of CNC Machining / Autodesk, Inc., 2014. – 256 с.*

*7. Sinha S. K. CNC programming using FANUC custom macro B. – McGraw-Hill Education, 2010. – 288 с.*

*8. Harvey Performance Company, LLC. A machinist’s guide to increasing shop productivity with high efficiency milling./ HEM Guidebook, 2017. – 51 c.*

*9.* *Павленко І.І., Історія інженерної діяльності. Методичні вказівки до проведення семінарських занять зі студентами денної форми навчання напрямку “Інженерна механіка” з подальшою спеціалізацією «Технології машинобудування»./ Павленко І.І.,* *Годунко М.О.,* *Сторожук М.О. – Кіровоград: КНТУ, 2015р. – 70 с.*

# Навчальний контент

# Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

*Надається інформація (за розділами, темами) про всі навчальні заняття (лекції, практичні, семінарські, лабораторні) та надаються рекомендації щодо їх засвоєння (наприклад, у формі календарного плану чи деталізованого опису кожного заняття та запланованої роботи).*

*5.1. Лекційні заняття*

|  |  |
| --- | --- |
| *№ з/п* | *Назва теми лекції та перелік основних питань  (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)* |
| *1* | *Лекція 1*  *Розділ 1. Передумови створення і використання верстатів і систем з програмним управлінням.*  *Тема 1.1.* *Історія розвитку верстатів з програмним управлінням. Історія розвитку верстатів з програмним управлінням. Технологія обробки поверхонь, які не співпадають із основними координатними напрямками верстата. Механічні копіювальні пристрої, обмеження при їхньому використанні. Однокоординатні копіювальні верстати зі слідкуючим приводом. Гідрокопіювальні системи і верстати. Двокоординатні слідкуючі системи. Загальні недоліки копіювальних систем. Жозеф Марі Жаккар і реалізація числового управління ткацьким верстатом. Принципи отримання візерунку на тканинах. Машина Жаккарда і принципи її роботи. Системи циклового програмного управління. [1,7,9].* |
| *2* | *Лекція 2*  *Тема 1.2. Системи числового програмного управління. Системи числового програмного управління. Принципова відмінність систем числового програмного управління від нечислових. Принципи управління виконавчим органом для кулачкової системи і для числової. Перші розробки системи ЧПК. Розробка Київського інституту автоматики. Перспективи розвитку систем ЧПК. Техніко-економічна ефективність верстатів з ЧПК. Джерела економічної ефективності застосування верстатів з ЧПК. Специфічні властивості верстатів з ЧПК. Рентабельність застосування верстатів з ЧПК.[1,9].* |
| *3* | *Лекція 3*  *Розділ 2. Конструктивно-технологічні особливості верстатів з ЧПК*  *Тема 2.1. Конструктивні особливості верстатів з ЧПК. Функціональна схема управління верстатом з ЧПК. Конструктивні особливості верстатів з ЧПК. Структура верстатів з ЧПК, різновиди систем ЧПК, індексація. Інформаційна структура систем ЧПК. Структурно-інформаційний аналіз пристроїв ЧПК різних класів. [1,2].* |
| *4* | *Лекція 4*  *Системи координат елементів верстатів з ЧПК*  *Системи координат верстатів з ЧПК, правила визначення. Первинні і вторинні вісі. Зона обробки. Системи координат інструмента. Визначення базових точок системи координат, настроювання інструмента на розмір. Взаємозв’язок систем координат. Зв’язок систем координат програми, верстата та інструмента при токарній обробці кількома інструментами. Зв’язок систем координат на свердлильно-розточувальному верстаті. [1,2].* |
| *5* | *Лекція 5*  *Тема 2.2. Алгоритмічне забезпечення верстатів з ЧПК. Кодування інформації, код ISO-7bit і його символи, структура носія програми, управляючої програми, кадрів КП, слів. Формат кадру КП, підготовчі і допоміжні функції. [1, 2, 3].* |
| *6* | *Лекція 6*  *Системи числення і кодування інформації. Коди із самодоповненням. Коди, захище¬ні від перешкод. Самокоректуючі коди. Логічні елементи, суть і реалізація функції повто¬рю¬вання, заперечення, логічного додавання, логічного множення, рівнозначності, нерів¬но¬значності. Лінійна і кругова інтерполяція. Апроксимація криволіній¬них ділянок траєкторії.[1, 2].* |
| *7* | *Лекція 7*  *Тема 2.3. Елементи конструкції верстатів з ЧПК. Конструктивні елементи верстатів з ЧПК. Станини, напрямні, головний привод, шпиндель, привод подач, датчики зворотного зв’язку, крокові двигуни, пристрої автоматич¬ної заміни інструмента. [1, 5].* |
| *8* | *Лекція 8*  *Тема 2.4. Показники верстатів з ЧПК. Показники роботи верстатів з ЧПК. Геометричні і робочі параметри, продуктивність верстатів з ЧПК, точність, надійність. [1,3-5,8,9].* |
| *9* | *Лекція 9*  *Розділ 3. Маршрутні технологічні процеси обробки деталей на верстатах з ЧПК*  *Тема 3.1. Особливості технологічних процесів обробки на верстатах з ЧПК*  *Деталізація ТП для верстатів з ЧПК. Поняття про крок, елементарне переміщення й технологічну команду. Змістовна частина КП. Стадії та етапи проектування ТП для обладнання з ЧПК. Довідникова інформація, супровідна документація. Зміст етапів. Вибір і формування номенклатури деталей, що обробляються на верстатах з ЧПК. Визначення доцільності обробки заготовок на верстатах з ЧПК з точки зору її техніко–економічних показників і умов виробництва. Джерела і фактори економічної ефективності обробки деталей на верстатах з ЧПК. [1, 2].* |
| *10* | *Лекція 10*  *Тема 3.2. Аналіз креслення деталі та вимоги до її технологічності*  *Аналіз креслення деталі, виявлення геометричних і технологічних даних, яких не достатньо для реалізації обробки. Виявлення можливості внесення змін у конструкцію деталі. Узагальнена схема обробки на верстатах з ЧПК. Специфічні вимоги щодо нанесення розмірів.*  *Загальні вимоги до технологічності деталей, що обробляються на верстатах з ЧПК. Розширення можливостей покращення конструкції деталей за рахунок зниження їхньої маси, підви¬щенню міцності і точності, спрощення форм, подрібнення складних деталей на декілька простих, введення у конструкцію припусків на доробку, стикування при застосуванні обладнання з ЧПК.*  *Вимоги до технологічності деталей, що обробляються на верстатах токарної групи. Скорочення кількості елементів зовнішнього і внутрішнього контуру деталі, аналітичний опис елементів контуру, обмеження щодо конусності поверхні та співвідношення висоти оброблюваної канавки до її ширини тощо.*  *Вимоги до технологічності деталей, що обробляються на верстатах фрезерної групи. Скорочення номенклатури радіусів, уникання нахилених поверхонь, забезпечення обробки із найменшою кількість установів, типізація основних елементів форм деталі, забезпечення вільного доступу інструменту до оброблюваної поверхні, обмеження співвідношення висоти і ширини оброблюваної стінки, раціональне розташування приливів по відношенню до стінок деталі, обмеження щодо розташування і форми отворів корпусних деталей.*  *Технічні вимоги на поставку заготовок і деталей. Призначення і зміст технічних вимог на поставку заготовок. Специфічні вимоги щодо поставки заготовок на операцію фрезеру¬вання. Специфічні вимоги щодо поставки заготовок на токарну операцію. Призначення і зміст технічних вимог на поставку деталей. [1,2].* |
| *11* | *Лекція 11*  *Тема 3.3 Методи проектування маршрутних ТП обробки на верстатах з ЧПК*  *Класифікація методів проектування ТП. Суть і специфіка застосування методів адресування, методів синтезу та евристичних методів. Методи адресування. Суть і специфіка методу адресування на базі типових ТП. Суть і специфіка методу адресування на базі групових ТП. Проектування елементарних типових ТП, операційних типових ТП і маршрутних типових ТП. Методи синтезу. Суть і специфіка застосування методу синтезу з прототипом. Суть і специфіка застосування методів синтезу без прототипу. Порівняння можливостей методу оптимізації математичної моделі і методу евристичного моделювання. Евристичне проектування технологічних процесів, можливості застосування й обмеження. Рівні автоматизації проектування. Три рівні автоматизації проектування. Суть задач та їх розподіл між людиною і комп’ютером. [1-3].* |
| *12* | *Лекція 12*  *Тема 3.4 Розробка маршрутної технології та вибір обладнання для обробки деталей різних груп. Загальні етапи проектування маршрутної технології. Фактори, що впливають на послідовність і маршрут обробки деталей на верстатах з ЧПК. Вирішення питання про перший і наступний установи, підготовка базових поверхонь. Визначення послідовності по зонах обробки, по видах обробки, по елементах деталі, по типорозмірах різального інструменту. Вирішення питань про можливість суміщення баз. Приведення послідовності обробки у відповідність до технологічних можливостей верстата.*  *Вибір обладнання для обробки деталей різних технологічних груп. Характеристики верстата, що впливають на ефективність обробки. Специфіка вибору обладнання для обробки деталей типу тіл обертання, які підлягають обробці на патронних токарних верстатах (зубчасті колеса, фланці, кільця, сепаратори, втулки тощо). Специфіка вибору обладнання для обробки деталей типу тіл обертання, які підлягають обробці на центрових токарних верстатах (ступінчасті вали, шпинделі, ходові гвинти тощо). Специфіка вибору обладнання для обробки плоских деталей фрезеруванням, деталей середніх розмірів та корпусних і базових деталей. [1].* |
| *13* | *Лекція 13*  *Розділ 4. Операційні технологічні процеси обробки деталей на верстатах з ЧПК*  *Тема 4.1. Технологія обробки отворів. Технологічна класифікація отворів. Основні і допоміжні елементи отворів. Типові переходи при обробці отворів. Реалізація на верстатах з ЧПК переходів центрування, чорнової обробки отвору, обробки торця отвору, конічного зенкерування, прямого зенкування, конічного зенкування, нарізання різьби, напівчистової обробки отворів, обробки канавки, чистової обробки. Етапи проектування операцій обробки отворів. Визначення типу інструменту, що під¬хо-дить для обробки (стрижневий або осьовий). Проектування операцій із використанням стриж-невого інструменту. Проектування операцій із використанням осьового інструменту. Реко-мендації що до переходів обробки основних отворів корпусних деталей на верстатах з ЧПК. Цикли обробки отворів. Типові цикли обробки отворів. Постійні цикли обробки отворів, узагальнена послідовність. Гнучкі цикли обробки отворів, параметри циклів. [1,3,5,6].* |
| *14* | *Лекція 14*  *Тема 4.2. Послідовність обробки отворів. Методи обходу отворів. Паралельний і послідовний обхід отворів, порівняльний аналіз з точки зору продуктивності.*  *Алгоритми обходу отворів. Методи вибору маршруту інструмента при обході отворів в процесі обробки. Евристичний алгоритм „йти до найближчого”. Метод перегляду таблиць. Алгоритм вирішення задачі комівояжера. [1, 2].* |
| *15* | *Лекція 15*  *Тема 4.3. Формоутворення елементів контуру деталі при токарній обробці* *Елементи контуру деталі і заготовки. Твірні й напрямні. Основні й додаткові поверхні деталі. Контур заготовки і його елементи. Припуски на обробку. Методи визначення припусків на обробку. Розподіл припуску на припуск на чорнову обробку основних поверхонь, припуск на обробку додаткових поверхонь, припуск на чистову обробку основних поверхонь.*  *Зони обробки. Відкриті, напіввідкриті, закриті й комбіновані зони обробки. Вплив виду зони на можливості застосування інструменту.*  *Інструментальне забезпечення токарної обробки. Стрижневий інструмент для токарної обробки та різці. Класифікація і технологічні можливості інструменту для реалізації токарної обробки. Алгоритм формування інструментальної наладки для обробки отвору.*  *Типові схеми переходів токарної обробки основних поверхонь. Схеми „петля”, „завиток” („зиґзаґ”), „спіраль”. Чорнова схема з підбором, чорнова схема із проходом для зачищення, еквідистантна схема, контурна схема. Оцінка основних схем чорнових переходів за продуктивністю. Формоутворення ступінчастих деталей. Обробка ступінчастих деталей за схемами вертикалей, горизонталей і рівнів. Типові схеми переходів токарної обробки додаткових поверхонь. Типові схеми обробки канавок, проточок і жолобів. Елементи контуру та відповідне розбиття припуску та побудова траєкторії переміщення інструменту. Типові схеми нарізання різьби. Схеми із радіальним бічним й паркетним врізанням. Розподіл припуску при багатопрохідному нарізанні різьби за однаковою глибиною різання, сталим перетином стружки, сталим навантаженням на одиницю довжини різальної кромки. Узагальнена послідовність переходів при токарній обробці на верстатах з ЧПК. Узагальнена послідовність обробки деталей в центрах. Узагальнена послідовність обробки деталей в патроні. [1, 2].*  *Тема 4.4. Особливості розрахунку режимів різання при токарній обробці на верстатах з ЧПК. Загальна послідовність розрахунку режимів різання при токарній обробці. Визначення глибини різання при чистовому й чорнових переходах. Вибір подачі та обмеження, що впливають на цей процес. Визначення швидкості різання. Особливості вибору параметрів режиму обробки для верстатів з ЧПК. Урахування крихкого руйнування і фактори, які таке руйнування викликають. Урахування економічної стійкості інструмента. Урахування рівня технологічного забезпечення виробництва при розрахунку режимів різання. [1-6].* |
| *16* | *Лекція 16*  *Тема 4.5. Формоутворення елементів контуру деталі при фрезерній обробці*  *Види фрезерування за кількістю керованих координат. Циліндричне, торцеве і змішане фрезерування, технологічні можливості й обмеження. Основні і додаткові елементи контуру деталі. Відкриті, напіввідкриті, закриті й комбіно¬вані зони обробки. Області обробки: одновимірні, двовимірні одно- й багатозв’язані. Припуски.*  *Тема 4.6. Особливості розрахунку режимів різання при фрезерній обробці на верстатах з ЧПК. Загальна послідовність розрахунку режимів різання при фрезерній обробці. Визначення глибини різання при чистовому й чорнових переходах. Вибір подачі та обмеження, що впливають на цей процес. Визначення швидкості різання. Оптимізація процесу різання при фрезеруванні на верстатах з ЧПК. Оптимізація на етапі підготовки КП та під час різання (верстати з адаптивною системою ЧПК). Фактори і обмеження при оптимізації режимів різання при фрезеруванні. Визначення основної ділянки для оптимізації. Критерії оптимізації. Двоконтурна система стабілізації сили і температури в зоні різання при фрезеруванні.*  *[1,2,3,6].* |
| *17* | *Лекція 17*  *Розділ 5. Технологічне оснащення обробки деталей на верстатах з ЧПК*  *Тема 5.1. Склад і вимоги до технологічного оснащення верстатів з ЧПК. Складові елементи і вимоги до технологічного оснащення. Базове технологічне оснащення. Оснащення для настроювання. Специфічні вимоги до технологічного оснащення верстатів з ЧПК. Системи технологічної оснастки для верстатів з ЧПК. Системи універсальних безналагоджуваних пристроїв (УБП), спеціалізованих налагоджуваних пристроїв (СНП), універсально-збірних пристроїв (УЗП), збірно-розбірних пристроїв (ЗРП), агрегатовані швидконалагоджувані пристрої (АШП), можливості й особливості застосування на обладнанні з ЧПК. [1,2,5].*  *Схеми й способи базування деталей на верстатах з ЧПК. Базування: за допомогою установочних шпонок або штирів; за допомогою центрального отвору і поздовжнього пазу; на двох шпонках; по планці та шпонці; на трьох пальцях у координатних отворах; за допомогою мірних планок; за допомогою бічної планки та штиря в координатному отворі. Встановлення деталі безпосередньо на столі верстата. [1,3,9].*  *Тема 5.2. Спеціальне технологічне та інструментальне оснащення для обробки на верстатах з ЧПК. Підвищення жорсткості технологічної оброблювальної системи (ТОС) за рахунок елементів технологічного оснащення. Використання пристроїв із вакуумним затиском. Використання відводимих, зйомних й відкидних прихоплювачів в технологічній оснастці. Спеціальні пристрої для обробки деталей зі складними фасонними поверхнями. Використання ложементів та рідин зі спеціальними властивостями. Інструментальні пристрої для обробки фасонних поверхонь на обладнанні з ЧПК. Фасонні фрези, фрези зі змінною геометрією, само орієнтуючі фрези, фрези для обробки довгомірів. „Хитрощі” в конструкціях технологічного оснащення для верстатів з ЧПК. [1].* |
| *18* | *Лекція 18*  *Розділ 6. Точність обробки на верстатах з ЧПК*  *Тема 6.1. Фактори, що впливають на точність обробки. Сумарна похибка обробки та її складові. Точність верстата. Точність системи управління. Похибки встановлення заготовки. Похибки налагодження інструментів на розмір. Похибки налагодження верстата на розмір. Похибки виготовлення інструмента. Розмірне зношування інструмента. Жорсткість технологічної оброблювальної системи. [1,7,9].*  *Тема 6.2. Методи дослідження, контролю і забезпечення точності обробки на верстатах з ЧПК. Терміни й визначення. Систематична й випадкова похибка виготовлення продукції. Стала й змінна систематична похибка. Сумарна похибка обробки. Метод кривих розподілу. Метод точкових діаграм. Метод діаграм точності. Метод пробних ходів і вимірювань. Метод автоматичного отримання розміру. Схемні й конструктивні рішення щодо компенсації кінематичних, теплових та інших похибок. [1,7,9].* |

*5.2 Практичні заняття*

*Не передбачено.*

*5.3. Лабораторні заняття*

*Лабораторні заняття охоплюють основні теми лекційного матеріалу і розглядають питання практичного застосування отриманих знань. Їх тематика така:*

*- Тема 1.2; Системи числового програмного керування.*

*- Тема 4.1 Технологія обробки отворів.*

*- Тема 4.3 Формоутворення елементів контуру деталі при токарній обробці.*

*- Тема 4.5 Формоутворення елементів контуру деталі при фрезерній обробці.*

*- Тема 4.6 Особливості розрахунку режимів різання при фрезерній обробці на верстатах з ЧПК.*

*- Тема 6.2 Методи дослідження, контролю і забезпечення точності обробки на верстатах з ЧПК*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *№ з/п* | *Назва лабораторної роботи (комп’ютерного практикуму)* | *Кількість ауд. годин* |
| *1* | *Лабораторна робота №1 (Ознайомлення зі стійкою HAAS CNC)* | *4* |
| *2* | *Лабораторна робота №2 (Фрезерування на верстатах з ЧПК)* | *8* |
| *3* | *Лабораторна робота №3 (Токарні операції на верстатах з ЧПК)* | *8* |
| *4* | *Лабораторна робота №4 (Використання автоматизованих токарних циклів ЧПК)* | *8* |
| *5* | *Лабораторна робота №5 (Точіння нарізі на верстаті з ЧПК)* | *4* |
| *6* | *Лабораторна робота №6 (Гравіювання на верстаті з ЧПК)* | *4* |

*5.4. Індивідуальні завдання*

*Не передбачено.*

*5.5. Контрольні роботи*

### *МКР за розділами 2, 3.*

# Самостійна робота студента

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *№ з/п* | *Назва теми, при підготовці до аудиторних занять* | *Кількість годин СРС* |
| *1* | *Розділ 1. Передумови створення і використання верстатів і систем з програмним управлінням*  *Тема 1.1. Історія розвитку верстатів з програмним управлінням.*  *Завдання на СРС: Ознайомитись із конструкцією механічних і гідравлічних копіювальних верстатів. [1,7,9].* | *1* |
| *2* | *Тема 1.2. Системи числового програмного управління.*  *Завдання на СРС: Вивчити джерела і фактори економічної ефективності верстатів з ЧПК. [1,5].* | *1* |
| *3* | *Розділ 2. Конструктивно-технологічні особливості верстатів з ЧПК.*  *Тема 2.1. Конструктивні особливості верстатів з ЧПК*  *Завдання на СРС: Вивчити індексацію верстатів з ЧПК та правила визначення систем координат верстатів з ЧПК.* | *1* |
| *4* | *Тема 2.2. Алгоритмічне забезпечення верстатів з ЧПК*  *Завдання на СРС: Вивчити структуру носія КП, роботу з кодами, що захищені від перешкод.* | *1* |
| *5* | *Тема 2.3. Елементи конструкції верстатів з ЧПК*  *Завдання на СРС: Вивчити особливості конструкції елементів верстатів з ЧПК.* | *1* |
| *6* | *Тема 2.4. Показники верстатів з ЧПК*  *Завдання на СРС: Засвоїти основні показники верстатів з ЧПК та правила їх визначення.* | *1* |
| *7* | *Тема 3.1. Особливості технологічних процесів обробки на верстатах з ЧПК*  *Завдання на СРС: Вивчити основні стадії і етапи проектування ТП для обладнання з ЧПК.* | *2* |
| *8* | *Тема 3.2. Аналіз креслення деталі та вимоги до її технологічності*  *Завдання на СРС: Вивчити вимоги до технологічності деталей, що обробляються на верстатах з ЧПК.* | *2* |
| *9* | *Тема 3.3 Методи проектування маршрутних ТП обробки на верстатах з ЧПК*  *Завдання на СРС: Ознайомитись із методами евристичного проектування ТП.* | *2* |
| *10* | *Тема 3.4 Розробка маршрутної технології та вибір обладнання для обробки деталей різних груп*  *Завдання на СРС: Вивчити специфіку вибору обладнання для обробки деталей різних технологічних груп.* | *2* |
| *11* | *Розділ 4. Операційні технологічні процеси обробки деталей на верстатах з ЧПК*  *Тема 4.1. Технологія обробки отворів*  *Завдання на СРС: Засвоїти технологію обробки отворів на верстатах з ЧПК.* | *2* |
| *12* | *Тема 4.2. Послідовність обробки отворів*  *Завдання на СРС: Засвоїти алгоритми пошуку найкоротшого шляху переміщення між отворами.* | *2* |
| *13* | *Тема 4.3. Формоутворення елементів контуру деталі при токарній обробці*  *Завдання на СРС: Засвоїти технологічні схеми обробки додаткових поверхонь.*  *Тема 4.4. Особливості розрахунку режимів різання при токарній обробці на верстатах з ЧПК*  *Завдання на СРС: Вивчити особливості розрахунку режимів різання при токарній обробці.* | *6* |
| *14* | *Тема 4.5. Формоутворення елементів контуру деталі при фрезерній обробці*  *Завдання на СРС: Засвоїти типові схемі переходів при фрезерній обробці.*  *Тема 4.6. Особливості розрахунку режимів різання при фрезерній обробці на верстатах з ЧПК*  *Завдання на СРС: Ознайомитись із системами адаптивного управління верстатами з ЧПК.* | *6* |
| *15* | *Розділ 5. Технологічне оснащення обробки деталей на верстатах з ЧПК*  *Тема 5.1. Склад і вимоги до технологічного оснащення верстатів з ЧПК*  *Завдання на СРС: Ознайомитись із номенклатурою деталей, що входять до систем технологічної оснастки для верстатів з ЧПК.* | *2* |
| *16* | *Тема 5.2. Спеціальне технологічне та інструментальне оснащення для обробки на верстатах з ЧПК*  *Завдання на СРС: Ознайомитись із конструкціями спеціалізованого технологічного оснащення для верстатів з ЧПК.* | *2* |
| *17* | *Розділ 6. Точність обробки на верстатах з ЧПК*  *Тема 6.1. Фактори, що впливають на точність обробки*  *Завдання на СРС: Вивчити основні фактори, що впливають на точність обробки на верстатах з ЧПК та методи їх вимірювання.* | *2* |
| *18* | *Тема 6.2. Методи дослідження, контролю і забезпечення точності обробки на верстатах з ЧПК*  *Завдання на СРС: Вивчити прийоми й пристрої, що дозволяють підвищити точність обробки на верстатах з ЧПК, особливо для деталей зі складною геометрією.* | *2* |

# Політика та контроль

# Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

* *правила відвідування занять (як лекцій, так і практичних/лабораторних) регламентується: «Положення про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського» https://osvita.kpi.ua/node/39; «Положення про систему внутрішнього забезпечення якості вищої освіти в КПІ ім. Ігоря Сікорського» https://osvita.kpi.ua/node/121;*
* *правила поведінки на заняттях (активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів, використання засобів зв’язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо) регламентується «Положення про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського» https://osvita.kpi.ua/node/39, ;*
* *правила захисту лабораторних робіт; кожен студент особисто здає лабораторні роботи;*
* *правила захисту індивідуальних завдань; кожен студент особисто здає індивідуальні роботи ;*
* *в даному кредитному модулі наявні тільки заохочувальні бали, які студент може отримати на добровільній основі виконуючі певний перелік додаткових завдань пов’язаних з тематикою кредитного модуля;*
* *політика дедлайнів та перескладань, регламентується «Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» https://osvita.kpi.ua/node/32, «Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» https://osvita.kpi.ua/node/37 ;*
* *політика щодо академічної доброчесності регламентується «Положення про систему запобігання академічного плагіату в КПІ ім. Ігоря Сікорського» https://osvita.kpi.ua/node/47; положенням «Положення про вирішення конфліктних ситуацій в КПІ ім. Ігоря Сікорського» https://osvita.kpi.ua/2020\_7-170;*

# Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

*Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом Таблиця 8.1.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Семестр*** | ***Всього*** | ***Розподіл за семестрами та видами занять*** | | | | ***МКР*** | ***РГР*** | *Іспит* |
|  |  | ***Лек.*** | ***Прак.*** | ***Лаб.*** | ***СРС*** |  |  |  |
| *7* | *150* | *36* | *0* | *36* | *78* | *+* | *+* | *+* |
| *Всього* | *150* | *36* | *0* | *36* | *78* | *+* | *+* | *+* |

**Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання**

*8.1. Лабораторні роботи (r1)*

*Ваговий бал однієї лабораторної роботи становить 5 балів (табл.8.2). Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи: r1 = 6 роботи х 5 бали = 30 балів.*

*Максимальна кількість заохочувальних +6 балів за всі лабораторні заняття.*

*Рейтингові бали за одну практичну роботу Таблиця 8.2*

|  |  |
| --- | --- |
| *Бали* | *Критерій оцінювання* |
| *5.0* | *Зауважень до звіту нема, є відповіді на всі запитання* |
| *4.5* | *Несуттєві зауваження до звіту, відповіді на більшість запитань* |
| *3.5* | *Зауваження до отриманих результатів, відповідь на частину питань* |
| *3.0* | *Звіт має помилки, відповіді лише на окремі питання* |
| *2.0* | *Робота виконана, отримано вірні результати, але не захищено.* |
| *0.0* | *Робота не виконана, звіт відсутній* |

*8.2. Модульний контроль (r2)*

*Модульна контрольна робота складається з чотирьох питань МКР яку проводять перед першою атестаціями та на при кінці навчального семестру. Ваговий бал МКР становить 5 балів. Максимальна кількість балів за дві модульні контрольні роботи складає: r2 = 5 бали х 2 мод.контр. роботи = 10 балів.*

*Рейтингові бали МКР Таблиця 8.3*

|  |  |
| --- | --- |
| *Бали* | *Критерій оцінювання* |
| *10.0* | *Вірна відповідь більш ніж на 90 % питань* |
| *8.8* | *Вірна відповідь на 90 % питань* |
| *7.6* | *Вірна відповідь на 80 % питань* |
| *6.4* | *Вірна відповідь на 70 % питань* |
| *5.2* | *Вірна відповідь на 60 % питань* |
| *0.0* | *Вірна відповідь менш ніж на 60 % питань або студент був відсутній без поважної причини* |

*8.3. Розрахунково графічна робота (r3)*

*Ваговий бал розрахунково графічної роботи становить 20 балів (табл.8.4).*

*Рейтингові бали за одну практичну роботу Таблиця 8.4*

|  |  |
| --- | --- |
| *Бали* | *Критерій оцінювання* |
| *20.0* | *Зауважень до звіту нема, є відповіді на всі запитання* |
| *18.0* | *Несуттєві зауваження до звіту, відповіді на більшість запитань* |
| *16.0* | *Зауваження до отриманих результатів, відповідь на частину питань* |
| *14.0* | *Звіт має помилки, відповіді лише на окремі питання* |
| *12.0* | *Робота виконана, отримано вірні результати, але не захищено.* |
| *0,00* | *Робота не виконана, звіт відсутній* |

*8.4. Штрафні та заохочувальні бали*

*Загальний рейтинг з дисципліни включає штрафні та заохочувальні бали (табл.8.5). Загальна сума штрафних балів не може перевищувати 60 х 0,1 = (—6) балів. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 60 х 0,1 = (+6) балів.*

*Заохочувальні бали Таблиця 8.5*

|  |  |
| --- | --- |
| *Дія* | *Бали* |
| *Відсутність на лабораторній роботі без поважної причини* | *мінус 0,5 балу (але в сумі не більш ніж мінус 3)* |
| *Не своєчасне подання результатів лабораторного заняття (термін виконання роботи - два тижні)* | *мінус 0,5 балу (але в сумі не більш ніж мінус 3)* |
| *Участь у модернізації лабораторних або практичних робіт* | *плюс 2 бали* |
| *Удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни* | *плюс 3.. .5 балів* |
| *Застосування оригінального підходу при вирішенні задач* | *плюс 1 бал* |

*8.5. Умови рубіжної атестації*

*На 8-й тиждень навчання (перша атестація) графіком передбачено виконання: виконання 3 лабораторних робіт і захист не менше 2 лабораторних робіт по 5 балів; перша МКР 5 балів.*

*Що становить у сумі 10 + 5 =15 балів. Таким чином для отримання "задовільно" з першої рубіжної атестації студент повинен мати не менше ніж 15 х 0,5 = 7,5 балів.*

*На 14-й тиждень навчання (друга атестація) графіком передбачено виконання: 5-х лабораторних робіт і захист не менше 4 лабораторних роб.: 4 лб х 5 балів = 20 балів; перша та друга МКР по 5 балів = 10 балів. Здача РГР – 20 балів.*

*Що становить у сумі 20+10+20=50 балів. Таким чином для отримання "задовільно" з другої рубіжної атестації студент повинен мати не менше ніж 50 х 0,5=25 балів.*

*8.6. Критерії оцінювання іспиту.*

*Іспит складається з трьох завдань, вага питань складає: 12, 12 та 16 балів відповідно. Максимальна кількість балів заліку успішності становить 40 балів.*

*Критерій екзаменаційного оцінювання визначається як сума якості відповідей на кожне завдан­ня білета за таблицею 8.6. та 8.7.*

***Кількість балів за відповідні питання іспиту***

*Критерії оцінювання Питання 1 та 2 іспиту Таблиця 8.6*

|  |  |
| --- | --- |
| *Бали* | *Критерій оцінювання* |
| *12.0* | *Відмінна відповідь (не менше 95% інформації), можливі несуттєві заува­ження та неточності* |
| *11.2* | *Дуже добра відповідь (не менше 85% інформації), помилок немає, відпо­відь на переважну більшість питань, творче мислення* |
| *10.0* | *Добра відповідь (не менше 75% інформації), помилок немає, відповідь на більшість питань, окремі недоліки* |
| *8.5* | *Достатня відповідь (не менше 60% інформації) є зауваження, відповідь тільки на частину питань* |
| *7.0* | *Задовільна відповідь (не менше 60% інформації), суттєві помилки, відпо­відь на поодинокі питання, не може пояснити результати* |
| *0.0* | *Відповідь не вірна або менше 60% інформації, або відсутня* |

*Критерії оцінювання Питання 3 іспиту Таблиця 8.7*

|  |  |
| --- | --- |
| *Бали* | *Критерій оцінювання* |
| *16.0* | *Відмінна відповідь (не менше 95% інформації), можливі несуттєві заува­ження та неточності* |
| *15.0* | *Дуже добра відповідь (не менше 85% інформації), помилок немає, відпо­відь на переважну більшість питань, творче мислення* |
| *14.0* | *Добра відповідь (не менше 75% інформації), помилок немає, відповідь на більшість питань, окремі недоліки* |
| *13.0* | *Достатня відповідь (не менше 60% інформації) є зауваження, відповідь тільки на частину питань* |
| *12.0* | *Задовільна відповідь (не менше 60% інформації), суттєві помилки, відпо­відь на поодинокі питання, не може пояснити результати* |
| *0.0* | *Відповідь не вірна або менше 60% інформації, або відсутня* |

*8.6. Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (RD):*

*Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає: RС = ∑rі*

*де r - рейтингові або вагові бали за кожний вид робіт з дисципліни (табл. 8.2-8.7).*

*RС = r1 + r2 + r3 = 30ЛР + 10МКР + 20РГР = 60 балів.*

*Екзаменаційна складова RE шкали дорівнює (табл. 8.8): RE = 40 балів.*

*Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає RD = RС + RE = 60 + 40= 100 балів.*

*Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою. Таблиця 8.8*

|  |  |
| --- | --- |
| *Кількість балів* | *Оцінка* |
| *100-95* | *Відмінно* |
| *94-85* | *Дуже добре* |
| *84-75* | *Добре* |
| *74-65* | *Задовільно* |
| *64-60* | *Достатньо* |
| *Менше 60* | *Незадовільно* |
| *Не виконані умови допуску* | *Не допущено* |

# Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

*Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:*

1. *Поясніть основну відмінність систем числового управління від інших*
2. *За рахунок чого можна скоротити час на допоміжні операції, застосовуючи верстати з ЧПК?*
3. *Поясніть основна відмінність систем числового управління від інших*
4. *Навіщо потрібні датчики зворотного зв'язку і які недоліки має система без таких датчиків?*
5. *У чому принципова відмінність контурної системи управління від позиційної?*
6. *Охарактеризуйте систем управління NC, SNC, CNC, DNC, HNC, VNC*
7. *З якими елементами можуть бути пов'язані базові точки систем координат верстатів з ЧПУ?*
8. *Яка основна задача вирішується при взаємозв'язку систем координат верстата з ЧПУ?*
9. *Охарактеризуйте структуру керуючої програми для верстатів з ЧПУ*
10. *Яке завдання виконує оцінна функція інтерполятора?*
11. *Як розташування допуску впливає на апроксимацію криволінійних ділянок траєкторії?*
12. *Які типи напрямних можуть застосовуватися у верстатах з ЧПК, які переваги і недоліки вони мають?*
13. *Які специфічні вимоги висуваються до приводу подач верстатів з ЧПУ?*
14. *Опишіть цикл заміни інструменту для фрезерного верстата з ЧПУ*
15. *Поясніть виникнення і вплив похибки програмування на загальну похибку обробки на верстатах з ЧПК*
16. *Поясніть виникнення і вплив похибки інтерполятора на загальну похибку обробки на верстатах з ЧПК*
17. *Поясніть виникнення і вплив похибки коректорів інтерполятора на загальну похибку обробки на верстатах з ЧПК*
18. *Поясніть виникнення і вплив похибки "вихід у нуль" на загальну похибку обробки на верстатах з ЧПК*
19. *Поясніть виникнення і вплив внутрішньої крокової помилки датчика зворотного зв'язку на загальну похибку обробки на верстатах з ЧПК*
20. *Поясніть виникнення і вплив накопиченої помилки датчика зворотного зв'язку на загальну похибку обробки на верстатах з ЧПК*
21. *Поясніть виникнення і вплив динамічної похибки приводу на загальну похибку обробки на верстатах з ЧПК*
22. *Поясніть виникнення і вплив геометричної похибки верстата на загальну похибку обробки на верстатах з ЧПК*
23. *Поясніть виникнення і вплив похибки від пружних деформацій верстата на загальну похибку обробки на верстатах з ЧПК*
24. *За рахунок чого виникають пружні та кінематичні люфти у верстатах з ЧПК?*
25. *Охарактеризуйте загальні етапи формування номенклатури деталей при обробці на верстатах з ЧПК*
26. *У чому полягає відмінність методів адресації та синтезу при проектуванні технологічних процесів?*
27. *Охарактеризуйте суть методу адресації на базі групових ТП*
28. *За рахунок яких джерел можна скоротити машинний час при обробці на верстатах з ЧПК?*
29. *Охарактеризуйте суть методу адресації на базі типових ТП*
30. *За рахунок яких джерел можна скоротити допоміжний час при обробці на верстатах з ЧПК?*
31. *Охарактеризуйте суть методу оптимізації математичної моделі при проектуванні ТП*
32. *За рахунок яких джерел можна скоротити штучно-калькуляційні час при обробці на верстатах з ЧПК?*
33. *Охарактеризуйте суть методу евристичного моделювання при проектуванні ТП*
34. *Які основні елементи отворів ви знаєте і яка комбінація цих елементів можлива?*
35. *Охарактеризуйте загальну схему циклу обробки отвору на верстаті з ЧПК*
36. *Які типи зенкерів і для чого можна застосовувати при обробці отворів на верстатах з ЧПК?*
37. *Які варіанти подач можливі при розточування отворів на верстатах з ЧПК?*
38. *Які технологічні рекомендації слід враховувати при виборі методу обробки отворів (паралельне або послідовне)?*
39. *У якій послідовності визначаються зони припуску при токарній обробці на верстатах з ЧПК?*
40. *Охарактеризуйте ріжучий інструмент для токарної обробки зовнішніх поверхонь*
41. *Яка з типових схем обробки (петля, зигзаг, спуск) має переваги при токарній обробці на верстатах з ЧПК відкритих і напіввідкритих зон і чому?*
42. *Поясніть суть, переваги і недоліки схеми з підбором для чорнової токарної обробки на верстатах з ЧПК*
43. *Яка з типових схем обробки (петля, зигзаг, спуск) має переваги при токарній обробці на верстатах з ЧПК закритих зон і чому?*
44. *Поясніть суть, переваги та недоліки еквідистантним схеми для чорнової токарної обробки на верстатах з ЧПК*
45. *Поясніть суть, переваги та недоліки контурної схеми для чорнової токарної обробки*
46. *Поясніть суть і специфіку поділу зони чорновий токарної обробки на верстатах з ЧПК відповідно до технологічних можливостей різця*
47. *У чому відмінність видалення чорнового припуску при токарній обробці при його знятті по циклах горизонталей і за циклами рівнів?*
48. *Які схеми обробки кутових канавок при токарній обробці на верстатах з ЧПК ви знаєте?*
49. *Охарактеризуйте суть, переваги і недоліки схеми з радіальними врізанням при обробці різьб на токарних верстатах з ЧПК*
50. *З чим пов'язані основні проблеми при оптимізації режимів різання для токарної обробки на верстатах з ЧП?*
51. *Охарактеризуйте суть, переваги і недоліки схеми з боковим врізанням при обробці різьб на токарних верстатах з ЧПК*
52. *Охарактеризуйте можливі способи врізання інструменту в суцільний метал при фрезеруванні на верстатах з ЧПК*
53. *Охарактеризуйте суть, переваги і недоліки схеми з «паркетним» врізанням при обробці різьб на токарних верстатах з ЧПК*
54. *Охарактеризуйте різновиди, переваги і недоліки схеми «зигзаг», «спіраль» та «стрижка» при фрезерної обробці на верстатах з ЧПК*
55. *Розрахунки відстані між сусідніми проходами інструменту при фрезеруванні*
56. *Охарактеризуйте варіанти розташування заготовок в робочій зоні фрезерного верстата з ЧПУ*
57. *Які переваги і недоліки має застосування на верстаті з ЧПК вимірювального щупа?*
58. *Які додаткові вимоги висуваються до орієнтування (базування) пристроїв на верстатах з ЧПК?*
59. *Охарактеризуйте схеми базування верстатних пристроїв при установці їх на палеті верстата з ЧПК*
60. *У якій послідовності визначаються зони припуску при токарній обробці на верстатах з ЧПК?*

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** асистент кафедри технології машинобудування. Шуплєцов Д.К

**Ухвалено** кафедрою технології машинобудування (протокол № 1 від 29.08.2022)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 1 від 30.08.2022)