



ПАЯННЯ МАТЕРІАЛІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій</i>
Статус освітнього компонента	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>денна/змішана/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс, весняний семестр / II курс, осінній семестр (для студентів, які навчаються за інтегрованими планами)</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 год/ 4 кредити ЄКТС лекції - 54 год.; практичні заняття – 8 год.; лабораторні заняття – 10 год.; самостійна робота – 48 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>згідно www.rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., доцент, Стреленко Наталія Михайлівна strelenkon@gmail.com</i> Практичні: <i>к.т.н., доцент, Стреленко Наталія Михайлівна strelenkon@gmail.com</i> Лабораторні: <i>к.т.н., доцент, Стреленко Наталія Михайлівна strelenkon@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3646</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Освітній компонент надає студенту відомості щодо основних понять теорії паяння сучасних матеріалів, особливостей фізико-хімічних основ формування оптимального хімічного складу та структури якісного паяного шва. Наведені інженерні методи аналізу і прогнозування якісних характеристик паяного з'єднання. Теоретичне та практичне прогнозування можливості паяння різноманітних матеріалів. Навчальна дисципліна формує у студента уявлення про взаємозв'язок основних особливостей процесу паяння і формування паяного з'єднання з необхідними фізико-механічними характеристиками, що в подальшій інженерній діяльності дозволить виконувати оптимізацію технологічного процесу складання і паяння сучасних конструкцій.

Мета курсу:

Метою освітнього компоненту є набуття студентами знань щодо теоретичних та практичних навиків з розроблення технологічних прийомів та створення технологічних процесів паяння реальних сучасних виробів, що використовуються у машинобудівній та споріднених з нею галузях. Формування у студентів здатності до оптимального вибору та ефективного використання засобів дослідницької діяльності, освоєння студентами основних теоретичних положень на прикладах комплексного вирішення задач виготовлення паяних виробів та конструкцій. Оволодіння існуючими у теперішній час знаннями про високоефективні технології паяння, які відповідають сучасним вимогам до виготовлення

виробів з різноманітних нових матеріалів.

Предмет курсу:

Освітній компонент зосереджений на опануванні основних понять та визначень теорії паяння сучасних існуючих матеріалів таких як метали, сплави, кольорові метали та полімерні матеріали. Сталі та сплави, які постійно удосконалюються виходячи із потреб суспільства, є основним матеріалом для виробництва паяних конструкцій та виробів.

Розуміння взаємопов'язаних основ: формування паяного шва з врахуванням технологічних властивостей, закономірностей кристалізації паяного шва, вплив процесів теплопередачі на процес утворення паяного шва та проміжної зони, обґрунтованого вибору складу припоїв та флюсів для паяння визначених матеріалів, розроблення технологічного процесу паяння, визначення джерел нагріву для паяння конкретного виробу, прогнозування імовірних дефектів з можливістю наступного керування якістю нероз'ємного з'єднання дозволяє гарантовано забезпечувати формування якісного паяного з'єднання для реальних конструкцій. Забезпечення якісного паяного з'єднання вихідного матеріалу базується на розумінні ряду складних фізико-хімічних процесів при паянні і, як результат, управлінні хімічним складом та структурою нероз'ємного з'єднання з врахуванням особливостей процесу паяння.

Навіщо це потрібно студенту?

Освітній компонент передбачає підсилення та розвиток у студентів навичок структурного та обґрунтованого вибору присадкових матеріалів, способу та технології паяння сучасних конструкцій та виробів із врахуванням особливостей процесу паяння. Забезпечення якісного паяного з'єднання в проектно-конструкторській діяльності майбутнього інженера-технолога в області паяння та споріднених технологій є важливим умінням під час здійснення професійної діяльності.

Вивчення освітнього компоненту передбачає підсилення та розвиток у студентів компетентностей, передбачених освітньою програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Фахові компетентності спеціальності (ФК)

ФК 14 Здатність використовувати знання в галузі фізико-хімічних, термодформаційних та металургійних процесів для обґрунтованого призначення способів і технологічних параметрів зварювання і споріднених процесів.

ФК 15 Здатність використовувати знання в галузі фундаментальних наук для вирішення технічних задач зі зварювання та споріднених технологій.

ФК 18 Здатність використовувати знання в галузі виробництва конструкцій для забезпечення виконання технологічного процесу виготовлення типових конструкцій за допомогою зварювання, лазерних та споріднених технологій.

Програмні результати навчання

РН 20 Знати і розуміти фізичні, теплові, термомеханічні та фізико-хімічні процеси при зварюванні та споріднених технологіях, причинно-наслідкові зв'язки між характером цих процесів та умовами отримання нерознімних з'єднань або функціональних поверхонь.

РН 22 Здійснювати оптимальний вибір способів зварювання та споріднених процесів і виконувати розрахунки параметрів режимів для отримання якісного зварного з'єднання або функціональних поверхонь з сучасних конструкційних матеріалів.

РН 26 Знати основні принципи виготовлення конструкцій за допомогою зварювання, лазерних та споріднених технологій, склад та призначення допоміжного оснащення, алгоритми та заходи з комплексної механізації і автоматизації виробництва.

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

Навчальна дисципліна є вибірковою компонентою сертифікатної програми «Технології та інжиніринг у зварюванні», яка розроблена для підсилення фахових компетентностей освітньої програми «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій», і належить до циклу професійної підготовки. Для вивчення даної дисципліни необхідне успішне засвоєння навчального матеріалу з таких дисциплін, як «Технологія

конструкційних матеріалів», «Загальна фізика. Частина 1. Механічна та молекулярна фізика», «Хімія», «Теоретичні основи теплотехніки», «Матеріалознавство».

Знання, отримані при вивченні даної дисципліни використовуються студентами під час підготовки кваліфікаційних робіт бакалаврів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Історична довідка навчальної дисципліни

Тема 2. Фізична суть процесу з'єднання матеріалів за допомогою паяння

Тема 3. Загальний огляд видів і способів паяння

Тема 4. Фізична основа можливості з'єднання матеріалів за допомогою паяння та фізико-хімічні особливості процесу

Тема 5. Теоретичне та практичне прогнозування можливості паяння різноманітних матеріалів

Тема 6. Комплекс взаємопов'язаних фізико-хімічних явищ, що визначають процес паяння

Тема 7. Математичні методи прогнозування процесу розтікання, змочування, капілярної течії та дифузії припою на міжфазній границі взаємодії рідкого припою і основного матеріалу

Тема 8. Класифікація діаграм стану припоїв

Тема 9. Основні способи та особливості класифікації припоїв

Тема 10. Особливості застосування низькотемпературних та високотемпературних припоїв

Тема 11. Стандартизовані низькотемпературні припої

Тема 11. Нестандартизовані низькотемпературні припої

Тема 12. Флюси для паяння металів та газові середовища

Тема 13. Флюси для низькотемпературного паяння

Тема 14. Класифікація способів паяння по джерелу нагріву. Інноваційні технології зварювання-паяння.

Тема 15. Застосування паяння у основних галузях промисловості

Тема 16. Принципи конструювання паяних з'єднань та розроблення технологічного процесу паяння

Тема 17. Визначення типових дефектів паяних з'єднань і причин їх виникнення

Тема 18. Розроблення технологічного процесу паяння на прикладі реальних сучасних конструкцій

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Єрмолаєв Г.В., Квасницький В.В., Квасницький В.Ф. Максимова С. В., Хорунов В. Ф., Чигарьов В. В. Паяння матеріалів: підручник, - Миколаїв НУК, 2015.- 340 с. ISBN: 978-966-321-307-1, бібліотека (паперове видання).
<https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129232>

2. Паяння матеріалів. Дослідження фізико-хімічних процесів та технологічних факторів паяння / В.В. Квасницький, В.Ф. Квасницький, Б.В. Бугаєнко, Г.В. Єрмолаєв, Миколаїв: НУК, 2006. – 160 с. ISBN 966-321-063. бібліотека (паперове видання)

3. Л.М. Лобанов, Г.В. Єрмолаєв, В.В. Квасницький Напруження та деформації при зварюванні і паянні, підручник для студентів технічних університетів, що вивчають зварювання і споріднені процеси, Миколаїв: НУК, 2016. - 248 ISBN: 978-966-321-310-1 бібліотека (паперове видання). <https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129232>

Додаткова

4. Методичні вказівки до виконання домашньої контрольної роботи з дисципліни «Паяння матеріалів»/ Квасницький В.В., Стреленко Н.М. – Київ: НТУУ КПІ: 2013. - 24с.
<https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129255>

5. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Паяння металів» / Жданов Л.А., Стреленко Н.М. – Київ: НТУУ КПІ: 2013. - 36с.
<https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129255>

6. Зошит до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Паяння матеріалів» / Стреленко Н.М. – Київ: НТУУ КПІ ім. І. Сікорського: 2017. – 18 с.
<https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129255>

7. Методичні вказівки до виконання контрольних завдань комплексної контрольної роботи з дисципліни «Паяння металів» / Жданов Л.А. – Київ: НТУУ КПІ : 2012. - 24с.

<https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129255>

8. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Паяння металів» / Жданов Л.А., Стреленко Н.М. – Київ: НТУУ КПІ : 2013. – 84 с.

<https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129255>

Навчальний контент

5. Методика опанування освітнього компонента

В межах вивчення освітнього компонента впродовж семестру заплановано проведення лекційних, практичних та лабораторних занять, а також навчальним планом передбачено виконання домашньої контрольної роботи.

Під час вивчення матеріалу застосовуються такі основні методи колективного та індивідуального активного навчання: проблемно-пошуковий, пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, інтерактивний, практичний та дослідницький під час проведення лекційних та практичних занять, а також метод самостійної роботи. Означені методи використовуються в контексті застосування таких навчальних технологій:

1) особистісно-орієнтовані технології, засновані на активних формах і методах навчання: мозковий штурм під час колективних дискусій, інтерактивне спілкування тощо.

2) інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів, доповнення традиційних навчальних занять засобами взаємодії на основі мережевих комунікаційних можливостей (онлайн-лекції, онлайн-практики під час дистанційного навчання).

Навчальний матеріал освітнього компоненту викладається на заняттях згідно з наступною структурою (табл. 1).

Табл. 1. Структура викладання освітнього компоненту

Найменування розділів, тем	Всього годин	Розподіл за видами занять			
		Лекції	Лабор. роб.	Практичні	СРС
Розділ 1. Фізичні основи та суть процесу паяння	17	9	1	2	5
Тема 1.1 Фізична основа можливості з'єднання матеріалів за допомогою паяння та фізико-хімічні особливості процесу	3	2			1
Тема 1.2 Теоретичне та практичне прогнозування можливості паяння різноманітних матеріалів	3	2			1
Тема 1.3 Комплекс взаємопов'язаних фізико-хімічних явищ, що визначають процес паяння	6	3	1	1	1
Тема 1.4 Математичні методи прогнозування процесу розтікання, змочування, капілярної течії та дифузії припою на міжфазній границі взаємодії рідкого припою і основного матеріалу	5	2		1	2
Розділ 2. Припої для паяння	15	4	5	1	5
Тема 2.1 Основні способи та особливості класифікації припоїв	4	2			2
Тема 2.2 Стандартизовані низькотемпературні та високотемпературні припої.	8	1	3	1	3
Тема 2.3 Нестандартизовані низько-температурні та високотемпературні припої	3	1	2		
Розділ 3. Флюси для паяння	15	7	2	1	5

Тема 3.1 Флюси для паяння металів та газові середовища	9	5	1	1	2
Тема 3.2 Флюси для низькотемпературного паяння	6	2	1		3
Розділ 4. Способи паяння	16	6	2	1	7
Тема 4.1 Класифікація способів паяння по джерелу нагріву. Сучасні технології паяння, зварювання-паяння.	16	6	2	1	7
Розділ 5. Промислове застосування паяння	16	12		1	3
Тема 5.1 Застосування паяння у основних галузях промисловості	16	12		1	3
Розділ 6. Принципи конструювання паяних з'єднань та розроблення технологічного процесу паяння	21	16			5
МКР	4			2	2
РГР	10				10
Залік	6				6
Всього	120	54	10	8	48

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. Історична довідка навчальної дисципліни. Історія розвитку паяння, наукових знань та встановлення основних прогресивних тенденції та розвитку у теперішній час. Мета та завдання дисципліни. Порядок рейтингової системи оцінки успішності студентів. Література: [1, §1]. Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
2.	Лекція 2. Способи з'єднання твердих тіл. Фізична суть паяння. Загальний огляд видів і способів паяння. Матеріали, що застосовуються при паянні. Поняття характеристичних температур. Основні джерела нагрівання. Відмінність процесу паяння від зварювання Література: [1, §1.1-1.2, 2.1]. Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
3.	Лекція 3. Фізична основа можливості з'єднання матеріалів за допомогою паяння. Процеси розтікання краплі на поверхні твердого тіла. Міжфазні границі та поверхні. Поняття крайового кута змочування. Класифікація процесів розтікання краплі. Сили міжфазного натягу. Фізичні умови здатності до розтікання припою. Особливості затікання припою у капілярний зазор. Коефіцієнт розтікання та рушійна сила фронту припою. Література: [1, §1.2-1.3]. Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
4.	Лекція 4. Математичні методи прогнозування процесу розтікання припою на твердій поверхні. Існуючі системи диференціальних рівнянь, що описують процес взаємодії на міжфазній границі та методи їх вирішення. Оцінка отриманих розрахункових результатів на основі наявних практичних та експериментальних даних Література: [1, §1.1-1.2, 2.1]. Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
5.	Лекція 5. Класифікація діаграм стану припоїв. Експериментальні дані за сумісністю, здатністю до розтікання, рушійною силою та характеристиками

	зазорів при капілярній пайці, що гарантують утворення паяного з'єднання. Поняття фізичного та хімічного змочування Література: [1, § 1.3]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipi.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
6.	Лекція 6. Принципи класифікації припоїв. Класифікація припоїв згідно існуючих державних стандартів. Розподіл припоїв за температурами їх плавлення та основними елементами, що входять до їх складу. Класифікація діаграм стану з відсутністю або слабким хімічним зв'язком між елементами. Література: [1, §4.2-4.3, 8 § 1.5]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipi.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
7.	Лекція 7. Діаграми стану з утворенням безупинних твердих розчинів, компонентів, що утворюють евтектику, компонентів з утворенням перитектики та з компонентів, що утворюють хімічні сполуки. Аналіз параметрів сумісності основного матеріалу і припою в залежності від системи взаємодіючих компонентів Література: [1, 8, §1,5]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipi.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
8.	Лекція 8. Особливості застосування низькотемпературних та високо-температурних припоїв. Вплив основних елементів, що додаються до складу припою на його фізичні властивості та механічні характеристики паяного з'єднання. Література: [1 §1; 8 §1.5.1]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipi.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
9.	Лекція 9. Олов'яно - свинцеві припої. Маркування згідно нормативних документів. Відповідність назви припою його хімічного складу. Діаграми стану. Основні елементи, що впливають на фізико-хімічні-властивості припою при його заповненні зазору та механічні властивості паяного шва. Література: [8 §1.5.1]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipi.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
10.	Лекція 10. Галузь застосування. Низькотемпературні срібні припої. Маркування згідно нормативних документів. Відповідність назви припою його хімічного складу. Діаграми стану. Основні елементи, що впливають на фізико-хімічні-властивості припою при його заповненні зазору та механічні властивості паяного шва. Галузь застосування. Література: [8 §1.5.1]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipi.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
11.	Лекція 11. Високотемпературні срібні припої. Маркування згідно нормативних документів. Відповідність назви припою його хімічного складу. Діаграми стану. Основні елементи, що впливають на фізико-хімічні-властивості припою при його заповненні зазору та механічні властивості паяного шва. Галузь застосування Література: [8 §1.5.1]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipi.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
12.	Лекція 12. Мідні припої. Маркування згідно нормативних документів. Відповідність назви припою щодо його хімічного складу. Діаграми стану. Основні елементи, що впливають на фізико-хімічні-властивості припою при його заповненні зазору та механічні властивості паяного шва. Галузь застосування. Література: [8 §1.5.1].

	Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipi.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
13.	Лекція 13. Високотемпературні припої на основі дорогоцінних металів. Припої на основі срібла, золоту, платини, паладію. Діаграми стану. Основні елементи, що впливають на фізико-хімічні-властивості припою при його заповненні зазору та механічні властивості паяного шва. Галузь застосування. Література: [8 §1.5.1]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipi.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
14.	Лекція 14. Високотемпературні припої на основі нікелевих, титанових сплавів ніобієвих та інших тугоплавких елементів. Діаграми стану. Основні елементи, що впливають на фізико-хімічні-властивості припою при його заповненні зазору та механічні властивості паяного шва. Галузь застосування. Література: [8 §1.5.1]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipi.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
15.	Лекція 15. Легкоплавкі припої. Індієві та галієві припої. Основні елементи, що впливають на фізико-хімічні-властивості припою. Діаграми стану. Особливості та галузі застосування. Класифікація та види припоїв за їх структурою та побудовою. Технології виготовлення припоїв. Особливості застосування припоїв у злитках, порошках та суміші. Припої – пасти. Література: [8 §1.5.1]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipi.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
16.	Лекція 16. Визначення та природа флюсів для паяння, фізико-хімічний механізм їх впливу на процес паяння. Класифікація флюсів. Флюси для високотемпературного паяння. Флюси на основі галогенідів, фторидів, фторборатів, хлоридів, боридів. Боридно – вуглецеві флюси. Особливості впливу компонентів флюсів на процес паяння. Основні матеріали, припої та галузі застосування Література: [1 § 3.3; 8 §1.3.3]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipi.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
17.	Лекція 17. Флюси для низькотемпературного паяння. Флюси на основі каніфолі, кислот, органічних з'єднань, деревних смол, тваринних жирів та інших органічних з'єднань. Особливості впливу компонентів флюсів на властивості припоїв та процес паяння. Матеріали, припої та флюси, які використовуються для забезпечення процесів їх з'єднання паянням. Галузі застосування. Літій, як основний компонент самофлюсуючих припоїв. Фізичний та хімічний механізм дії літію. Флюси-пасти. Газові середовища, що використовуються для паяння. Класифікація газових середовищ для паяння Література: [1 § 3.3; 8 §1.3.3]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipi.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
18.	Лекція 18. Класифікація способів паяння по джерелу нагріву. Характеристичні температури паяння. Паяння електроопором. Різновиди та особливості використання електричних паяльників, паяльних станцій. Технологія паяння. Література: [1 § 2; 3 § 7; 8 §1.3]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipi.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
19.	Лекція 19. Паяння газовим полум'ям. Різновиди та особливості використання газових паяльників. Технологія паяння. Паяння у печі. Різновиди та особливості використання оснащення для паяння в печі. Технологія паяння. Література: [1 § 2.3-2.3; 8 §1.3, 1.3.4]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання

	https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
20.	Лекція 20. Мікроплазмове паяння. Різновиди та особливості використання плазмових паяльників. Технологія паяння. Електродугове паяння. Різновиди та особливості використання обладнання для електродугового паяння. Література: [1 § 2, 3; 8 §1.3.2, 1.3.4]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
21.	Лекція 21. Технологія електродугового паяння, технологія та особливості зварювання-паяння. Особливості сучасних, інноваційних технологій електродугового паяння. Література: [1 § 2; 8 §1.3.2, 1.3.4]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
22.	Лекція 22. Індукційне паяння. Різновиди та особливості використання оснащення для індукційного паяння. Технологія паяння. Література: [1 § 2; 8 §1.3.2, 1.3.4]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
23.	Лекція 23. Паяння випромінюванням, дифузійне паяння. Евтектичне паяння. Капілярне паяння. Паяння під тиском. Класифікація способів паяння по формуванню паяного шва. Література: [1 § 2; 3 §7; 8 §1.3.2, 1.3.4]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
24.	Лекція 24. Пайка готовим припоєм. Композиційне паяння. Контактно-реактивне та реактивно-флюсове паяння. Особливості процесів, та матеріалів, що з'єднуються на основі припоїв. Література: [1 § 2, 5.1-5.4; 8 §1.3.2, 1.3.4]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
25.	Лекція 25. Застосування паяння у основних галузях промисловості Застосування паяння у радіоелектроніці. Лудіння матеріалів та переваги паяння конструктивних елементів з заздалегідь нанесеним покриттям. Паяння неметалевих матеріалів: графіту, скла, кераміки Література: [1 § 8]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
26.	Лекція 26. Застосування паяння у літакобудуванні та космосі. Паяння алюмінію, алюмінієво-магнієвих, алюмінієво-марганцевих сплавів та титанових сплавів Література: [1 § 9; 8.5]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання https://do.ipk.kpi.ua/mod/folder/view.php?id=129262
27.	Лекція 27. Принципи конструювання паяних з'єднань та розроблення технологічного процесу паяння. Визначення типових дефектів паяних з'єднань і причин їх виникнення Література: [1, § 8; 8 § 2]. Завдання на CPC: дати відповіді на контрольні запитання [1, стр. 94].

5.2 Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять: практичні заняття направлені на закріплення одержаних на лекціях студентами знань, насамперед, забезпечення якісного паяного з'єднання вихідного матеріалу базується на розумінні ряду складних фізико-хімічних процесів при паянні, як результат, управлінні хімічним складом та

структурою матеріалу з врахуванням особливостей процесу паяння. Напрацювання інженерних методів розрахунку і прогнозування структури матеріалу паяного з'єднання.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Застосування наукових методів прогнозування процесу розтікання припою на твердій поверхні та затікання припою у зазор. Отримання навичок по вибору припою та флюсу для проведення паяння металів та їх сплавів
2	Вибір типу та параметрів паяного з'єднання відповідно до конструкції деталі
3	Отримання навичок по вибору способу паяння відповідно до характеристичних температур процесу та особливостей конструкції деталей
4	Складання технологічної карти виконання паяного з'єднання конкретного виробу

5.3 Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять: ознайомлення студентів з практичним використанням методів дослідження та випробовування для вирішення основних наукових та технічних задач, що дозволяють забезпечити високу якість паяного з'єднання

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кіл-ть годин
1	<i>Дослідження умов розтікання та змочування рідкого припою на поверхні основного металу.</i> Дослідження фізичних властивості процесу паяння металів. Процес розтікання краплі припою на поверхні основного матеріалу. Визначення кута змочування при застосуванні різних систем «основний метал- припій». Література: [2, стр. 24-33; 5, стр. 5-11]. Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання [5, стр. 9]. Обробка отриманих експериментальних даних. Типові стандартизовані низькотемпературні припої для паяння металів. Кількісна та якісна оцінка процесу розтікання та змочування для заданих систем «основний метал- припій». Література: [2, стр. 24-34; 5, стр. 5-11]. Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання [5, стр. 9].	4
2	<i>Типи та особливості конструкції паяльників, комплектування обладнання та інструменту для паяння.</i> Вивчення конструктивних та експлуатаційних характеристик електричних газових паяльників та паяльних станцій. Огляд існуючих паяльників та їх принципова відмінність. Вивчення конструкцій та модифікацій електричних паяльників. Робота з електричним паяльником. Газові паяльники для низькотемпературного паяння. Робота з сучасними газовими паяльниками. Література: [5, стр. 11-15]. Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання [5, стр. 15]. Флюси для низькотемпературного паяння металів та особливості їх використання при з'єднанні однакових та різних металів. Механізм дії флюсів. Каніфоль та її розчини. Бура та борна кислота. Ортофосфорна кислота. Флюси для паяння низько-, середньо- та високолегованих сталей. Література: [5, стр. 20-26]. Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання [5, стр. 15].	4
3	Захист звіту з лабораторних робіт	2

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента обсягом 48 год. полягає у підготовці до лекційних (10 год.), практичних (10 год.), лабораторних занять (10 год.), МКР (2 год), РГР (10 год) і заліку (6 год.) шляхом опрацювання рекомендованої літератури і підготовці відповідей на контрольні запитання для кожного виду занять.

Найменування розділів, тем
Тема 1.1 Фізична основа можливості з'єднання матеріалів за допомогою паяння та фізико-хімічні особливості процесу. Література: [1 § 1].

Тема 1.2 Теоретичне та практичне прогнозування можливості паяння різноманітних матеріалів. Література: [1 § 1.1].
Тема 1.3 Комплекс взаємопов'язаних фізико-хімічних явищ, що визначають процес паяння. Література: [1 § 1.2-1.3; 8 §1.3.5].
Тема 1.4 Математичні методи прогнозування процесу розтікання, змочування, капілярної течії та дифузії припою на міжфазній границі взаємодії рідкого припою і основного матеріалу. Література: [1 § 1.4-1.5].
Тема 2.1 Основні способи та особливості класифікації припоїв. Література: [1 § 2.1- 2.4; 8 §1.5].
Тема 2.2 Стандартизовані низькотемпературні та високотемпературні припої. Література: [1 § 4.1; 8 §1.5.1].
Тема 3.1 Флюси для паяння металів та газові середовища. Література: [1 § 3.1-3.3].
Тема 3.2 Флюси для низькотемпературного паяння. Література: [1 § 3.3].
Тема 4.1 Класифікація способів паяння по джерелу нагріву. Література: [1 § 2.3].
Тема 5.1 Застосування паяння у основних галузях промисловості. Література: [1 § 1].
Розділ 6. Принципи конструювання паяних з'єднань та розроблення технологічного процесу паяння. Література: [8 § 2.1].

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вивчення освітнього компонента відбувається згідно графіку навчального процесу. Відвідування лекцій, практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання. Для студентів, які беруть на себе відповідальність за організацію і планування свого часу для навчання, є можливість опановувати освітній компоненту у змішаному режимі: ознайомлення з теоретичним матеріалом лекцій і розв'язування практичних завдань – самостійно, за необхідності проведення консультацій викладачем згідно графіку консультацій і відведеного на них часу, у відповідності до педагогічного навантаження викладача. Лабораторні роботи виконуються у груповому режимі під керівництвом відповідального викладача.

Правила поведінки на заняттях.

Правила поведінки на заняттях регламентуються етичними нормами: всі учасники освітнього процесу в університеті повинні дотримуватись вимог чинного законодавства України, Статуту і Правил внутрішнього розпорядку НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», загальноприйнятих моральних принципів, підтримувати атмосферу доброзичливості, відповідальності, порядності й толерантності, дбайливо ставитися до університетського майна.

Під час аудиторних занять студенти повинні дотримуватись діючих правил охорони праці, безпеки життєдіяльності і правил пожежної безпеки, а в разі навчання за дистанційною формою виконувати вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я під час роботи з екранними пристроями.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Студенти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх видів робіт, передбачених курсом. Порухення термінів виконання певного виду робіт враховується згідно рейтингової системи оцінювання. Під час дії воєнного стану штрафні бали не нараховуються.

Пропущені контрольні заходи:

Якщо контрольні заходи пропущені з поважних причин (хвороба або вагомні життєві обставини), студенту надається можливість додатково скласти контрольне завдання протягом найближчого тижня. В разі порушення термінів і невиконання завдання з неповажних причин, студент не допускається до складання екзамену в основну сесію.

Політика щодо академічної доброчесності докладно описана у Кодексі Честі КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://kpi.ua/code>) і передбачає повну відповідальність студента за те, що всі виконані ним завдання відповідають принципам академічної доброчесності.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль.

На практичних заняттях студент розв'язує індивідуальне завдання. Перед виконанням лабораторної роботи студенти проходять опитування для встановлення рівня теоретичної підготовки до виконання роботи, наявності бланків протоколів.

Календарний контроль.

Проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль.

В якості контролю знань, опанованих студентами за семестр викладання освітнього компоненту, навчальним планом передбачено складання екзамену, умови допуску до якого та принцип оцінювання викладено в PCO освітнього компоненту.

Рейтингова система оцінювання та критерії нарахування вагових балів:

Згідно Положенню про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/Pologennia_RSO_2022.pdf PCO доводиться до відома здобувачів на першому занятті з освітнього компонента у семестрі і не змінюється впродовж семестру.

Рейтингова система оцінювання та критерії нарахування вагових балів:

1. Практичні заняття.

Протягом семестру студенти виконують 7 завдань в рамках тематики розділів занять. Виконання завдань обов'язкове, тому кожний студент повинен протягом семестру виконати всі заплановані завдання. Ваговий бал – 5 бал.

4-5 балів – індивідуальне завдання виконане вірно на 80... 100 %.

2-3 бали – індивідуальне завдання виконане вірно на 40... 60 %.

1 бал – індивідуальне завдання виконане вірно на 20 %.

0 бал – індивідуальне завдання виконане вірно менше ніж на 20 %.

Максимальна кількість балів, які можна одержати за позитивні результати завдань 7х 5 балів = **35 балів**.

2. Лабораторні роботи.

Протягом семестру студенти виконують 2 лабораторні роботи в рамках тематики лабораторних занять, ваговий бал складає 10. Тоді система рейтингових балів для кожного такого заняття:

9-10 балів - повна правильна відповідь, вірно на 90... 100 %.

7-8 балів – достатньо повна відповідь, вірно на 70... 80 %.

5-6 балів – відповідь неповна, вірно на 50... 60 %.

3-4 балів – відповідь неповна, вірно на 30... 40 %.

1-2 балів – відповідь неповна, вірно на 10... 20 %.

0 балів – відсутність відповіді на поставлене завдання.

Максимальна кількість балів, які можна отримати за відпрацювання всіх лабораторних занять: 2х10 бал. = **20 балів**

4. Модульний контроль

Тематична контрольна робота проводиться один раз за семестр і базується на відповідній кількості годин лекційних занять та СРС. Ваговий бал контрольної роботи – 10. В залежності від повноти та правильності відповіді, студент отримує наступні рейтингові бали:

9-10 балів - повна правильна відповідь, вірно на 90... 100 %.

7-8 балів – достатньо повна відповідь, вірно на 70... 80 %.

5-6 балів – відповідь неповна, вірно на 50... 60 %.

3-4 балів – відповідь неповна, вірно на 30... 40 %.

1-2 балів – відповідь неповна, вірно на 10... 20 %.

0 балів – відсутність відповіді на поставлене завдання.

Максимальна кількість балів, які можна отримати за МКР **10 балів**.

4. Розрахунково-графічна робота

Максимальна кількість балів – **35 бал.**

34-35 балів - повна правильна відповідь, вірно на 95... 100 %.

28-33 балів – достатньо повна відповідь, вірно на 80... 94 %.

21-27 балів – достатньо повна відповідь з незначними неточностями, вірно на 60... 79 %.

14-20 балів – відповідь неповна, вірно на 40... 59 %.

7-13 балів – відповідь неповна, вірно на 20... 39 %.

3-6 балів - відповідь неповна, вірно на 10-19%
1-2 балів - відповідь неповна, вірно менше 5%
0 балів – відсутність відповіді на поставлене завдання.

Умови позитивного календарного контролю.

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів студент має набрати 30 балів. На першій календарний контроль (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \times 30 = 15$ балів.

За результатами 13 тижнів навчання студент має набрати 60 балів. На другій календарний контроль (14 тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \times 60 = 30$ балів.

За результатами 18 тижнів навчання студент може максимально набрати 100 балів.

Умови допуску до заліку.

Необхідною умовою допуску до семестрового контролю у формі заліку є виконання студентом усіх практичних завдань, контрольних робіт та РГР.

Залік виставляється «автоматом», якщо за рейтингом набрано не менше 60 балів.

Зі студентами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді письмової залікової контрольної роботи.

Критерії оцінювання залікової роботи

Студенти, які допущені до заліку та повинні його скласти або незадоволені своїм семестровим рейтингом складають залік. Це означає, що їх попередній рейтинг з дисципліни скасовується (за винятком балів за РГР) і вони отримують оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи.

Завдання з залікової контрольної роботи містить 2 питання (додаток А):

- 1 теоретичне питання, відповідь на яке вимагає розкриття окремої теми з теоретичного курсу. Ваговий бал – 30 балів.
- 1 питання практичного характеру, ваговий бал – 35 балів.

Таким чином забезпечується розмір шкали залікової роботи: 65 балів.

Система оцінювання теоретичного запитання:

28-30 балів - повна правильна відповідь, вірно на 95... 100 %.

24-27 балів – достатньо повна відповідь, вірно на 80... 94 %.

18-23 балів – достатньо повна відповідь з незначними неточностями, вірно на 60... 79 %.

12-17 балів – відповідь неповна, вірно на 40... 59 %.

6-11 балів – відповідь неповна, вірно на 20... 39 %.

3-5 балів - відповідь неповна, вірно на 10-19%

1-2 балів - відповідь неповна, вірно менше 10%

0 балів – відсутність відповіді на поставлене завдання.

Система оцінювання практичного завдання:

34-35 балів - повна правильна відповідь, вірно на 95... 100 %.

28-33 балів – достатньо повна відповідь, вірно на 80... 94 %.

21-27 балів – достатньо повна відповідь з незначними неточностями, вірно на 60... 79 %.

14-20 балів – відповідь неповна, вірно на 40... 59 %.

7-13 балів – відповідь неповна, вірно на 20... 39 %.

3-6 балів - відповідь неповна, вірно на 10-19%

1-2 балів - відповідь неповна, вірно менше 10%

0 балів – відсутність відповіді на поставлене завдання.

Сума стартових балів та балів за екзаменаційну роботу переводиться у рейтингову оцінку згідно з таблицею 2.

Таблиця 2. Переведення суми стартових і залікових балів у рейтингову оцінку

Рейтингова оцінка здобувача	Традиційна оцінка
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре

65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Невиконання умов допуску до семестрового контролю	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

В умовах **дистанційного навчання** всю методичну, базову та додаткову літературу згідно п.4 даного силабусу студенти можуть отримати від викладача в електронному вигляді.

Освітній процес під час дистанційного навчання здійснюється за допомогою сервісів Zoom з використанням персональних комп'ютерів студентів та викладача.

Консультування та обмін необхідною інформацією з освітньої компоненти (виконанні завдання з практичних занять та РГР) здійснюється в спеціально створеному telegram-каналі, платформи дистанційного навчання Moodle, на якій розміщено дистанційний курс з освітнього компонента: <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3343>

В умовах змішаного/дистанційного навчання особливості щодо організації навчального процесу і термінів нарахування рейтингових балів детально обговорюються зі студентами на першому в семестрі занятті з освітнього компонента і враховують індивідуальні можливості і обставини кожного конкретного студента.

Робоча програма навчальної освітньої компоненти (силабус):

Ухвалено кафедрою зварювального виробництва (протокол №6 від 18.11.23)

Погоджено Методичною комісією інституту НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол №05/23 від 11.12.23)

1. Теоретичне питання, що потребує розкриття окремої теми за курсом лекцій -30 балів (max);
 2. Практичне завдання - 35 бал (max);
-

Загальна сума балів: $30+35=65$ балів (max)

Орієнтовний перелік теоретичних питань до екзамену

1. Наведіть особливості процесу паяння та його відмінності від зварювання.
2. Стадії утворення паяного з'єднання. Оцінка якості змочування по величині крайового кута.
3. Стадії та схема утворення паяного з'єднання. Поняття спаю та дифузійної зони.
4. Наведіть стадії утворення паяного з'єднання. Як проводиться оцінка якості змочування припоєм твердої поверхні?
5. Матеріали які використовуються при паянні. Їх відмінність, призначення та області застосування.
6. Дайте визначення характеристичним температурам процесу паяння.
7. Перерахуйте матеріали які використовуються при паянні. Їх призначення, відмінність та області застосування.
8. Варіанти та види змочування припоєм поверхні. Поняття контактного кута змочування.
9. Змочування, як основний процес одержання паяного з'єднання. Поняття адгезії та когезії.
10. Змочування, як основний процес одержання паяного з'єднання. Схема лудіння за допомогою паяльника.
11. Схема сил діючих на краплю припою, їх зв'язок між собою. Приведіть приклади матеріалів при паянні для яких забезпечується адгезійне змочування (не менш трьох).
12. Наведіть критерії оцінки якості змочування припоєм твердої поверхні по величині крайового кута. Проаналізуйте фізико-хімічні фактори, які впливають на процес змочування.
13. Сформулюйте поняття міжфазної границі. Наведіть умови розтікання краплі припою на твердій поверхні.
14. Поняття міжфазної границі. Робота адгезії та когезії.
15. Поверхневі та міжфазні явища при паянні та їх роль у процесах фізичного змочування.
16. Поняття міжфазні границі, схема будови міжфазного шару на границі тверде кристалічне тіло-газ.
17. Міжфазна поверхня та поверхневий натяг (визначення, одиниці виміру, взаємозв'язок, фізична сутність).
18. Поняття фізичного та хімічного змочування, їх відмінність. Графічна залежність роботи адгезії від температури.
19. Адгезійні процеси при паянні. Поняття адсорбції.
20. Поняття фізичного та хімічного змочування, їх відмінність.
21. Фізична сутність змочування при паянні. Адгезійне та когезійне змочування.
22. Вплив процесів адсорбції та хемосорбції на процес утворення паяного з'єднання.
23. Роль фізичної та хімічної адсорбції у процесі утворення паяного з'єднання. Критерій фізичної та хімічної адсорбції.
24. Термодинамічна умова розтікання припою. Коефіцієнт розтікання. Загальний вигляд залежності площі розтікання припою від кута змочування.
25. З'єднання адгезійного та когезійного типу. Види змочування твердої речовини рідиною (припоєм).
26. Коефіцієнт розтікання: визначення, аналітичне вираження, фізичний зміст. .
27. Особливості течії рідини по віРГРитій поверхні та плоскому капілярі.
28. Основні процеси, що впливають на можливість отримання паяного з'єднання.

29. Які фактори та параметри впливають на процес змочування матеріалу, що паяється?
30. Які фактори та параметри впливають на процес взаємодії припою та металу?
31. Перерахуйте процеси, що беруть участь у формуванні паяного з'єднання.
32. Які фактори та параметри впливають на процес затікання припою в зазор?
33. Капілярні явища при паянні. Висота підйому рідини, яка змочує поверхні у капілярі. Роль капілярних явищ при паянні.
34. Особливості течії рідини на віРГРитій поверхні та плоскому капілярі.
35. Перерахуйте фактори, що впливають на виникнення напружень у паяному з'єднанні.
36. Поняття міжфазні границі, схема будови міжфазного шару на границі тверде кристалічне тіло-припій, тверде тіло-флюс, тверде тіло-газ.
37. Фізико-хімічна сумісність металу, що паяється з припоєм. Наведіть приклади сумісних, умовно сумісних та несумісних матеріалів з зазначенням характеристик спаю, що утворюється.
38. Які фактори та параметри впливають на процес кристалізації припою?
39. Яким способом може бути досягнуте поліпшення змочування при паянні матеріалів, які є умовно сумісними з погляду змочування?
40. Як впливають інтерметалідні прошарки на якість паяного з'єднання?
41. Стадії та схема утворення паяного з'єднання. Поняття спаю та дифузійної зони.
42. Види класифікацій припоїв. Принципи надання назви припоєм.
43. Класифікація припоїв згідно інтервалу температури плавлення та елементній базі.
44. Основні типи діаграм подвійних систем припоїв для паяння. Прогнозування сумісності двох матеріалів: припою та матеріалу, що паяється.
45. Легкоплавкі і тугоплавкі припої (температурний інтервал плавлення, приклади, область застосування).
46. Олов'яно-свинцеві припої (типи, діаграма стану, область застосування, позначення, недоліки, основні легуючі елементи, приклади).
47. Причини появи та застосування безсвинцевих технологій паяння. Особливості. Системи безсвинцевих пропоїв. Недоліки. Галузь застосування.
48. Класифікація систем легкоплавких стандартних та нестандартних срібних припоїв. Самофлюсуючі легкоплавкі срібні припої. Приклади. Обмеження по застосуванню.
49. Тугоплавкі срібні припої. Переваги та недоліки. Система тугоплавких срібних припоїв. Опишіть діаграму стану. Галузь застосування.
50. Охарактеризуйте загальний вплив легуючих елементів на фізичні, хімічні та технологічні властивості пропоїв.
51. Механізми процесу самофлюсування у припоях. Флюсування оксидними та галоїдними з'єднаннями.
52. Процеси самофлюсування у припоях. Основні елементи, що сприяють цьому процесу.

Приклад типової практичної задачі до залікової контрольної роботи

1.1. Вибрати та обґрунтувати припій для паяного з'єднання відповідно до конструктивних особливостей та матеріалу, що паяється і умов експлуатації

Основний матеріал _____	C (оптимальна фізико-хімічна сумісність)	(C) (гарна фізико-хімічна сумісність)	C_x (C _x)
Основні компоненти припоїв	_____	_____	_____

2.1. Провести обґрунтоване визначення характеристичних температур процесу паяння

Матеріал конструкції	основи припоїв C оптимальна фіз-хім. сумісність	Характеристичні температури процесу паяння		Нагрів припою: напряму/через основний
		Температура паяння: $T_{\text{паяння}} = T_{\text{припій}} + (40 \dots 80 \text{ } ^\circ\text{C})$	Температура структурного перетворення в основному матеріалі:	

				$T_{\text{с-л}}^{\text{припій}} \leq T_{\text{паяння}} \leq T_{\text{структур. перетворення}}^{\text{основний матеріал}}$	матеріал
1		1			
		2			
		3			
		4			
		5			

Додаток Б

Завдання на РГР

Кафедра зварювального виробництва
ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНУ РОБОТУ
з дисципліни „ПАЯННЯ МАТЕРІАЛІВ”

Тема РГР „Конструювання паяного з’єднання, вибір припою, флюсу та джерела нагріву. Розробка технології паяння.”

Група	Студент
Кінцевий термін здачі закінченої роботи	Варіант

Зміст РГР:

1. Ескіз паяної конструкції
2. Конструкторсько-технологічний аналіз виробу.
3. Вибір припою та флюсу (газового середовища).
4. Підготовка деталей для проведення паяння, послідовність збирання елементів конструкції перед паянням та допоміжне обладнання.
5. Вибір обладнання для паяння.
6. Контроль якості паяного з’єднання.
7. Технологічна схема збирання та паяння конструкції.
8. Висновки.
9. Список літератури.

Порядок виконання РГР:

1. Навести ескіз паяної конструкції.
2. Провести конструкторсько-технологічний аналіз виробу та визначити вимоги до паяних з’єднань.
3. Визначити особливості виконання паяних швів та навести ескізи паяних з’єднань та швів.
4. Вибрати та обґрунтувати припій для паяного з’єднання відповідно до конструктивних особливостей, матеріалу, що паяється та умов експлуатації.
5. Визначити флюс чи газове середовище відповідно до вибраного припою та особливостей конструкції паяного з’єднання.
6. Описати підготовку деталей для проведення паяння.
7. Вибрати та обґрунтувати джерело нагріву паяного з’єднання відповідно до робочих температур припою, флюсу (газу) та особливостей нагріву паяних швів.
8. Навести марку та характеристики вибраного обладнання.
9. Навести схему та послідовність збирання конструкції для виконання процесу паяння. Допоміжне обладнання для збирання (при необхідності).
10. Розробити технологію виготовлення виробу за допомогою паяння.
11. Висвітлити питання контролю якості паяного з’єднання.
12. Зробити висновки щодо розробленої технології з точки зору її економічної ефективності при крупно- та дрібносерійному виробництві.
13. Навести список літератури, що використовувалась у РГР.

Приклад завдання на МКР

1. Провести обґрунтований вибір основи припоїв з урахуванням: фізико-хімічної сумісності припоїв з основним матеріалом конструкції/виробу, конструктивних особливостей та умов експлуатації.
2. Запропонуйте обґрунтований вибір форми (геометрії) та варіант розміщення припою.
3. Визначити флюс чи газове середовище відповідно до вибраного припою та особливостей конструкції паяного з'єднання.
4. Провести обґрунтований вибір способу паяння відповідно до робочих температур припою, флюсу (газу) та особливостей нагріву паяних швів.