

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

# Основи інженерії та технології сталого розвитку

## Оцінювання життєвого циклу продукційних систем

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра, які навчаються за  
спеціальностями 101 Екологія, 104 Фізика та астрономія, 105 Прикладна фізика  
та наноматеріали, 131 Прикладна механіка, 132 Матеріалознавство, 133 Галузеве  
машинобудування, 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка, 136 Металургія,  
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 142 Енергетичне  
машинобудування, 143 Атомна енергетика, 144 Теплоенергетика,  
151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 152 Метрологія та  
інформаційно-вимірювальна техніка, 153 Мікро- та наносистемна техніка,  
161 Хімічні технології та інженерія, 162 Біотехнології та біоінженерія,  
163 Біомедична інженерія, 184 Гірництво*

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2020

Основи інженерії та технології сталого розвитку: Оцінювання життєвого циклу продукційних систем [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальностей 101 Екологія, 104 Фізика та астрономія, 105 Прикладна фізика та наноматеріали, 131 Прикладна механіка, 132 Матеріалознавство, 133 Галузеве машинобудування, 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка, 136 Металургія, 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 142 Енергетичне машинобудування, 143 Атомна енергетика, 144 Теплоенергетика, 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 152 Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка, 153 Мікро- та наносистемна техніка, 161 Хімічні технології та інженерія, 162 Біотехнології та біоінженерія, 163 Біомедична інженерія, 184 Гірництво / КПП ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: І. М. Джигирей. – Електронні текстові данні (1 файл: 0,79 Мбайт). – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 47 с.

*Гриф надано Методичною радою КПП ім. Ігоря Сікорського (протокол № 3 від 05.11.2020 р.)  
за поданням Вченої ради Інституту прикладного системного аналізу  
(протокол № 10 від 26.10.2020 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

## Основи інженерії та технології сталого розвитку Оцінювання життєвого циклу продукційних систем

Укладачі: *Джигирей Ірина Миколаївна, канд. техн. наук, доц.*

Відповідальний редактор *Комариста Богдана Миколаївна, канд. техн. наук, доц.*

Рецензент: *Складанний Денис Миколайович, канд. техн. наук, доц.*

У навчальному посібнику представлено методичні рекомендації до проведення семінарського заняття з оцінювання життєвого циклу продукційних систем та питання і завдання для самостійної роботи. Видання забезпечує вивчення студентами теоретичного матеріалу, підготовку до семінарського заняття та буде корисним для самостійної роботи.

© КПП ім. Ігоря Сікорського, 2020

## Зміст

<b>Передмова</b> .....	4
<b>План семінару</b> .....	6
<b>Методичні рекомендації до проведення семінарського заняття</b> .....	6
<b>Оцінювання життєвого циклу</b> .....	7
<b>Застосунок SimaPro</b> .....	15
<b>Питання для самостійної роботи студента</b> .....	21
<b>Завдання для самостійної роботи студента</b> .....	22
<i>Опція А «Загальний огляд застосунку SimaPro»</i> .....	22
<i>Опція Б «Створення і редагування процесів продукційної системи у застосунку SimaPro»</i> .....	26
<i>Опція В «Створення сценаріїв поводження з відходами у застосунку SimaPro»</i> .....	30
<i>Опція Г «Створення життєвого циклу продукційної системи у застосунку SimaPro»</i> .....	36
<b>Питання для самоперевірки</b> .....	40
<b>Рекомендована література</b> .....	41
<b>Додаткова література</b> .....	42
<b>Веб-ресурси</b> .....	42
<b>Додаток А.</b>	
<i>Чинні національні стандарти у сфері ОЖЦ, які відповідають чинним міжнародним стандартам</i> .....	43
<b>Додаток Б.</b>	
<i>Індивідуальні варіанти завдань для самостійної роботи</i> .....	44
<b>Додаток В.</b>	
<i>Вимоги до оформлення звіту з виконання завдань СРС</i> .....	46
<b>Додаток Г.</b>	
<i>Зразок титульного листа звіту</i> .....	47

## Передмова

Цей навчальний посібник є частиною інформаційно-методичного забезпечення навчальної дисципліни «Основи інженерії та технології сталого розвитку», а саме семінарського заняття «Оцінювання життєвого циклу продукційних систем», і розроблений відповідно до програми підготовки магістрів спеціальностей 101 Екологія, 104 Фізика та астрономія, 105 Прикладна фізика та наноматеріали, 131 Прикладна механіка, 132 Матеріалознавство, 133 Галузеве машинобудування, 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка, 136 Металургія, 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 142 Енергетичне машинобудування, 143 Атомна енергетика, 144 Теплоенергетика, 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 152 Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка, 153 Мікро- та наносистемна техніка, 161 Хімічні технології та інженерія, 162 Біотехнології та біоінженерія, 163 Біомедична інженерія, 184 Гірництво.

Кредитний модуль «Основи інженерії та технології сталого розвитку» відноситься до циклу загальної підготовки і є нормативним у підготовці магістрів вказаних спеціальностей. Зазначене семінарське заняття кредитного модуля є основою формування знань і умінь студентів щодо загальних питань керування життєвим циклом продукційних систем та процедури оцінювання життєвого циклу продуктів і послуг. Робота студента над учбовим матеріалом у межах семінарського заняття «Оцінювання життєвого циклу продукційних систем» містить такі види роботи: вивчення матеріалу за навчальними посібниками і веб-ресурсами, підготування до семінарського заняття, виконання завдань винесених на самостійне опрацювання, індивідуальні консультації.

Представлені матеріали мають на меті закріплення знань та набуття вміння застосовувати навички, отримані в процесі вивчення питань, які розглядають на семінарському занятті «Оцінювання життєвого циклу

продукційних систем» дисципліни «Основи інженерії та технології сталого розвитку». З цією метою у цьому виданні подано перелік питань, які студент повинен розглянути та з обговоренням яких проводиться семінарське заняття, надано методичні вказівки до виконання завдань для самостійної роботи, наведено основні теоретичні положення. Навчальний посібник містить вимоги до оформлення звіту з виконання завдань для самостійної роботи і контрольні питання для самопідготовки студентів.

**Метою** семінарського заняття *«Оцінювання життєвого циклу»* є ознайомлення з філософією життєвого циклу продукційних систем, принципами та інструментарієм керування життєвим циклом (КЖЦ) продуктів і послуг, термінологією і процедурою оцінки життєвого циклу (ОЖЦ), набуття вмінь визначення показників життєвого циклу продукційних систем, а також ознайомлення із застосунком SimaPro від PRé Sustainability.

### **План семінару**

1. Інструменти, методи та процедури КЖЦ систем продуктів і послуг.
2. Успішні практики КЖЦ продукційних систем.
3. Оцінювання життєвого циклу продуктів і послуг в прикладах і задачах.

### **Методичні рекомендації до проведення семінарського заняття**

1. Проводиться дискусія на тему *«Упровадження керування життєвим циклом»*. Метою обговорення є критичний аналіз особливостей, переваг і недоліків інструментів і методів КЖЦ, зокрема, ОЖЦ, вартісної оцінки життєвого циклу, аналізу витрат і прибутку, аналізу потоків сировини та матеріалів та інших, а також процедур КЖЦ, пов'язаних з комунікацією, залученням зацікавлених сторін, екологічною сертифікацією та екологічним маркуванням.

2. Проводиться представлення студентами та обговорення прикладів успішних практик КЖЦ продуктів і послуг. Результат обговорення – розширення розуміння важливості, переваг і наслідків ефективного КЖЦ.

3. Проводиться ознайомлення студентів з процедурою ОЖЦ та окремими її складовими на основі визначення характеристик продукційних систем, зокрема і з використанням застосунку SimaPro.

## Оцінювання життєвого циклу

Оцінювання життєвого циклу продукційних систем – один з найпоширеніших методів кількісного визначення екологічності продукції. Використання цього інструменту дає змогу фахівцям визначати вплив продукції або послуг протягом життєвого циклу на зміну клімату, виснаження озонового шару, виснаження ресурсів тощо, і, таким чином, керувати ефективністю використання ресурсів, зменшувати шкідливість продукції для довкілля і екологічного здоров'я Людини. Порівняння на такій основі кількох варіантів продукційних систем дає змогу обґрунтовано прийняти рішення, визначитись із вибором, який якнайменше впливатиме на навколишнє середовище<sup>1</sup>.

Започаткування Міжнародною організацією стандартизації стандартів серії ISO 14000 «Екологічне керування», зокрема, у 1997 році, стандарту ISO 14040:2006 (підтв. 2016) «Екологічне керування. ОЖЦ. Принципи та структура» та інших стандартів підсерії з ОЖЦ (ISO 14044:2006 (підтв. 2016) «Екологічне керування. ОЖЦ. Вимоги та настанови», ISO/TR 14047:2012 «Екологічне керування. ОЖЦ. Приклади застосування ISO 14044 для випадків оцінювання впливу» тощо), та надання їм чинності в Україні (Додаток А) дає змогу говорити про збільшення зусиль на національному рівні щодо покращення екологічності продукції, екологізації виробництв та позитивні кроки на шляху впровадження принципів сталого розвитку суспільства.

Оцінювання життєвого циклу – це методологічний інструмент, що кількісно застосовує концепцію філософії життєвого циклу для екологічного аналізу діяльності, пов'язаної з технологічними або продукційними системами. Оцінювання життєвого циклу охоплює усі виробничі процеси й послуги пов'язані з продукцією протягом її життєвого циклу, від придбання сировини до остаточного видалення. Такий повний життєвий цикл часто називають «від колиски до могили» (відсутнє використання і перероблення

---

<sup>1</sup> Навколишнє середовище – зовнішнє середовище, у якому функціонує організація, у тому числі повітря, вода, земля, природні ресурси, флора, фауна, людина та їх взаємодія.

відходів) або «від колиски до колиски» (повне використання потенціалу відходів). Такі види діяльності як транспортування, зберігання, продаж тощо додають в оцінювання за можливості.

*Продукційна система* в ОЖЦ – сукупність матеріально або енергетично пов’язаних одиничних процесів, яка виконує одну або більше функцій. *Одиничним процесом* є найменший складник продукційної системи, для якого збирають дані. Які саме одиничні процеси повинно охоплювати ОЖЦ визначають вказані дослідником *межі системи*. Елемент діяльності, продукції або послуг організації, який може взаємодіяти з довкіллям, називають *екологічним аспектом*. Таким чином, ОЖЦ – збирання та оцінювання вхідних і вихідних потоків, а також потенційних впливів на довкілля з боку продукційної системи на усіх стадіях життєвого циклу продукції. Тут вхідним потоком є матеріали або енергія, які надходять в одиничний процес, а вихідним потоком – матеріали або енергія, які виходять з одиничного процесу. Отже, в ОЖЦ для кожного окремого процесу записують «входи» – використання ресурсів, сировини, компонентів і продуктів, енергоносіїв тощо, та «виходи» – викиди у повітря, воду й ґрунт, відходи, побічні продукти. Вирізняють також поняття *елементарного потоку*, яким є матеріали або енергія, які надходять у досліджувану систему та які було взято з довкілля без попереднього перетворення людиною, або матеріали або енергія, які виходять з досліджуваної системи та які переходять у довкілля без подальшого перетворення людиною. Продукційну систему потрібно моделювати таким чином, щоб входи і виходи на її межах були елементарними потоками.

Структура процедури ОЖЦ охоплює чотири взаємопов’язані фази<sup>2</sup>:

- визначання мети і сфери застосування (МіС),
- інвентаризаційний аналіз життєвого циклу (ІАЖЦ),
- оцінювання впливу життєвого циклу (ОВЖЦ) та

---

<sup>2</sup> ДСТУ ISO 14040:2004. Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура (ISO 14040:2006, IDT) / Л. Почкайлова. – Офіц. вид. – К. : Мінекономрозвитку України, 2014. – 23 с. – (Національний стандарт України).



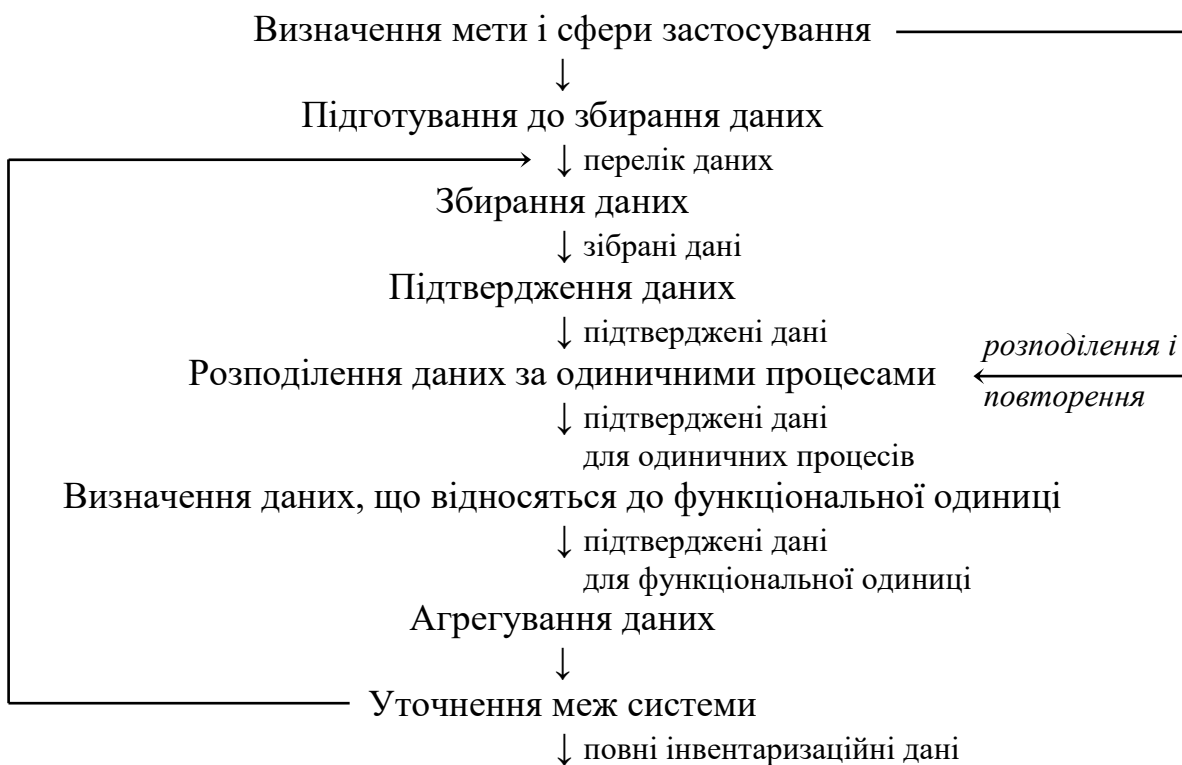
– інтерпретування життєвого циклу.

Мета дослідження однозначно визначає майбутнє використання, причини виконання дослідження й «адресата». Задля визначення сфери застосування необхідно визначити функції, функціональну одиницю і межі продукційної системи, встановити обмеження та вимоги до даних, вказати припущення тощо. Продукційну систему характеризують за допомогою функціональної одиниці, яка забезпечує еталон для порівнювання входів і виходів. Функціональна одиниця відображає функцію продукційної системи, що аналізується, а тому описується на I фазі ОЖЦ – фазі MiC. З функціональною одиницею пов'язують усі ресурси і відходи системи. Функціональна одиниця – це та кількість одиниць продукції, для якої здійснюється збирання даних і обчислювальні процедури. Наприклад, для продукційної системи «Фарбування зовнішніх стін» функціональною одиницею може бути «покриття і захист 10 м<sup>2</sup> поверхні стіни на п'ять років (із зазначенням стійкості кольору, кліматичних умов і впливу сонячного світла)». Загальна сума входів «з довкілля» і виходів «у довкілля» є основою для подальшого аналізу й оцінювання впливів продукційної системи на навколишнє середовище, зокрема і на здоров'я людини. Аналіз ресурсів і викидів, скидів та відходів задля визначення шкідливості продукції має назву ОВЖЦ.

Інвентаризаційний аналіз охоплює ітераційні процедури збирання і розрахунку даних з метою кількісного визначення відповідних вхідних і вихідних потоків продукційної системи (рис. 1).

Фазу інтерпретації призначено для роз'яснення результатів інших фаз з використанням аналізу чутливості й аналізу невизначеності. Результати інтерпретації можуть бути деяким висновком, що буде слугувати рекомендацією для ухвалення рішень поряд з іншими критеріями. Результати інтерпретації можуть набувати форми висновків і рекомендацій для осіб, що ухвалюють рішення, узгоджені з метою і сферою застосування дослідження. Інтерпретація також може призвести до повторення – перегляду мети та

сфери застосування, даних для інвентаризації чи оцінювання впливу, що знизить невизначеність. Використання ОЖЦ може бути додано у процес ухвалення рішень у багатьох сферах: розроблення продукту і його вдосконалення, технологічні операції, стратегічне планування, маркетинг, урядування тощо.



**Рисунок 1** – Інвентаризаційний аналіз життєвого циклу

Фаза оцінювання впливу в ОЖЦ охоплює зв'язування даних фази інвентаризації з конкретними екологічними впливами та оцінювання цих впливів, тобто фазу спрямовано на оцінювання значимості потенційних впливів на довкілля за результатами ІАЖЦ. Не існує загальноприйнятих моделей та методологій, за допомогою яких можна було б з достатньою точністю та не викликаючи протиріч прив'язати дані інвентаризації до конкретних потенційних екологічних впливів. Метою ОВЖЦ є інтерпретація даних інвентаризації. У загальному вигляді процедура охоплює три обов'язкові етапи:

- категоризацію (вибір категорій впливу);

- класифікацію (розподілення даних інвентаризації між категоріями впливу);

- характеристизацію (оцінювання результатів, отримання значень індикаторів категорій впливу)

і три необов'язкові етапи:

- нормалізацію (віднесення усіх впливів до єдиної шкали вимірювання);

- групування пов'язаних рахунків;

- сортування або зважування впливів й агрегування;

за потреби додають етап аналізування якості даних.

Першим етапом ОВЖЦ є категоризація – вибір категорій впливу і характеристичних моделей, пов'язаних з метою та сферою застосування. Категорії впливу повинні відповідати потенційним впливам на сфери захисту ОЖЦ: ресурси, природне довкілля, здоров'я людини, штучне середовище. Кінцевою точкою категорії є властивість або аспект навколишнього природного середовища, здоров'я людини або ресурсів, які визначають відповідну екологічну проблему.

Категорія впливу – це певний клас екологічних проблем, до якого може бути віднесено результати ІАЖЦ. На етапі класифікації дані інвентаризації розподіляють між категоріям впливу. Наприклад, викиди CO<sub>2</sub> впливають на змінювання клімату, а тому входять до категорії впливу «Зміна клімату». Якщо речовина входить до кількох категорій, необхідно вказати її у кожній з них (табл. 1). Показник (індикатор) категорії впливу – кількісне представлення категорії впливу.

$$C_i = \sum(E_j | R_j) \times F_{i,j}$$

де  $C_i$  – індикатор  $i$ -ї категорії впливу;  $E_j$  або  $R_j$  – викиди  $j$ -ї шкідливої речовини або споживання  $j$ -го ресурсу на функціональну одиницю;  $F_{i,j}$  – характеристичний коефіцієнт  $j$ -го викиду або  $j$ -го ресурсу для  $i$ -ї категорії впливу. Після проведення характеристизації прийнято представляти результати

розрахунків у вигляді профілю ОВЖЦ за кожною категорією впливу.

**Таблиця 1** – Результати класифікування  
(речовини розподілено між категоріями впливу)<sup>3</sup>

<i>Елементарний потік (j)</i>	<i>Категорія 1 «Зміна клімату»</i>	<i>Категорія 2 «Виснаження озонового шару»</i>	<i>Категорія 3 «Евтрофікація»</i>
1 кг CO <sub>2</sub>	×		
100 г CH <sub>4</sub>	×		
1 г фреону 142b	×	×	
5 г NO <sub>2</sub>			×

На етапі характеристики кожну речовину враховують у потенційному впливі певної категорії. Потенційний вплив речовини визначається відносно коефіцієнту цієї категорії, наприклад, для потенціалу зміни клімату – це звичайно 1 кг викидів двоокису карбону. Відносні впливи (характеризаційні коефіцієнти речовини) необхідно помножити на обсяги ресурсу або викиду; результуючі значення впливу агрегують у межах категорії впливу з отриманням індикатору цієї категорії (табл. 2):

**Таблиця 2** – Результати характеризування

<i>Елементарний потік (j)</i>	<i>Категорія 1 «Зміна клімату»</i>		<i>Категорія 2 «Виснаження озонового шару»</i>		<i>Категорія 3 «Евтрофікація»</i>	
	$F_1$	$E_j \times F_{1,j}$	$F_2$	$E_j \times F_{2,j}$	$F_3$	$E_j \times F_{3,j}$
1 кг CO <sub>2</sub>	1	1				
100 г CH <sub>4</sub>	25	0,25				
1 г фреону 142b	2310	2,31	0,07	0,00007		
5 г NO <sub>2</sub>					0,56	0,0028
$C_i$		3,56		0,00007		0,0028
Одиниці вимірювання $C_i$	кг CO <sub>2</sub> -екв.		кг CFC11 <sup>4</sup> -екв.		кг P-екв.	

Для кожної категорії впливу визначено свій екологічний механізм взаємодії, систему фізичних, хімічних і біологічних процесів, яка об'єднує

<sup>3</sup>Goedkoop, M. & Oele, M. & Leijting, J. & Ponsioen, T. & Meijer, E., 2016, Introduction to LCA with SimaPro, PRé, URL: <https://www.pre-sustainability.com/legacy/download/SimaPro8IntroductionToLCA.pdf>

<sup>4</sup> трихлорфторметан

результати ІАЖЦ з показниками і кінцевими точками категорії. Екологічний механізм взаємодії відображає характеристична модель. Наприклад:

(1) категорія впливу – «Зміна клімату»,

результати ІАЖЦ – обсяги викидів парникових газів,

характеристична модель – модель Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату,

характеристичний коефіцієнт – потенціал глобального потепління у кг CO<sub>2</sub>-екв./кг (радіаційний вплив одиниці маси парникового газу або іншого кліматичного агенту),

показник категорії – значення у кг CO<sub>2</sub>-екв.,

кінцеві точки категорії – підвищення температури, змінювання опадів, частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ тощо.

(2) категорія впливу – «Виснаження озонового шару»,

результати ІАЖЦ – обсяги викидів озонруйнуючих речовин,

характеристична модель – модель Всесвітньої метеорологічної організації,

характеристичний коефіцієнт – потенціал виснаження озонового шару у кг CFC11-екв./кг,

показник категорії – значення у кг CFC11-екв.,

кінцеві точки категорії – шкідливі наслідки для флори і фауни, вплив на здоров'я людини, зокрема, підвищення кількості онкозахворювань, тощо.

Необхідно зазначити, що вибір тієї чи іншої моделі, того чи іншого методу ОВЖЦ експертом для застосування значно залежить від МіС дослідження, що проводиться, необхідного рівня агрегування результатів, тобто цільової аудиторії, якій ці результати призначено.

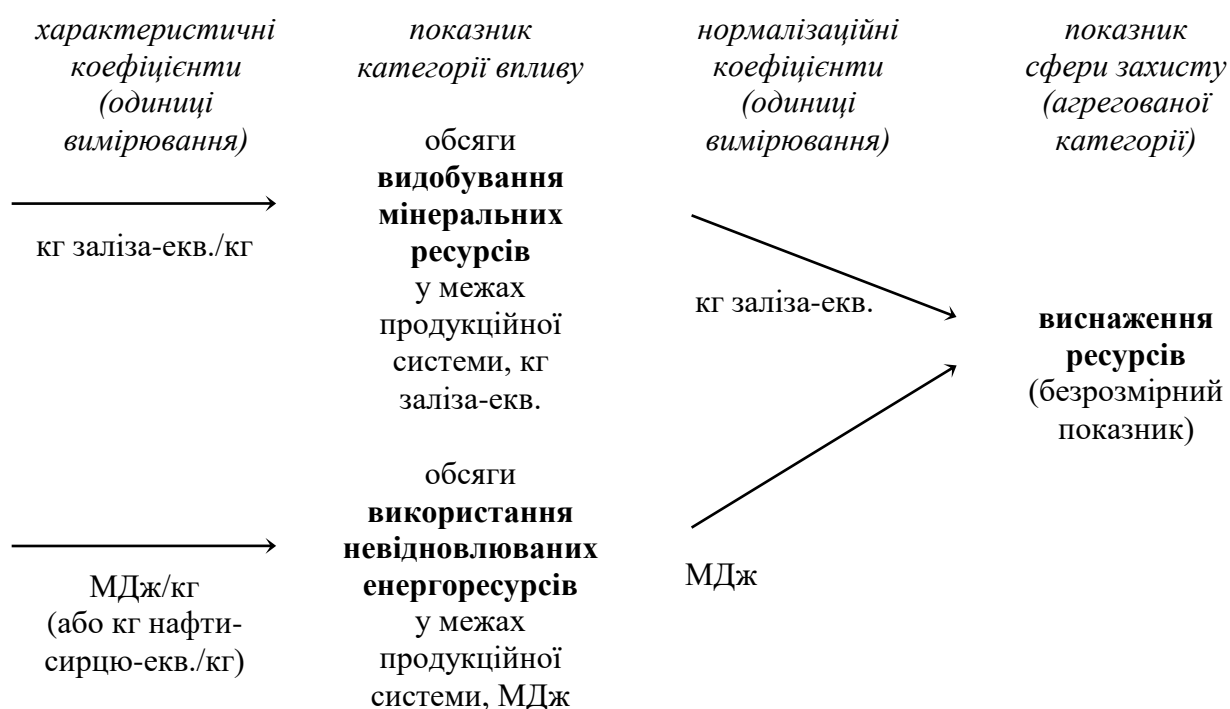
Нормалізація і зважування використовуються з метою інтерпретації результатів. Приклад отримання нормалізованих значень індикаторів категорій впливу представлено у табл. 3. Нормалізовані значення індикаторів категорій впливу можна агрегувати з отриманням одного комплексного показника досліджуваної продукційної системи або проміжних показників сфер захисту (рис. 2).

**Таблиця 3** – Результати нормалізування

<i>Елементарний потік (j)</i>	<i>Категорія 1 «Зміна клімату»</i>	<i>Категорія 2 «Виснаження озонового шару»</i>	<i>Категорія 3 «Евтрофікація»</i>
Значення $C_i$	3,56	$7 \times 10^{-5}$	$2,8 \times 10^{-3}$
Одиниці вимірювання $C_i$	кг CO <sub>2</sub> -екв.	кг CFC11-екв.	кг P-екв.
Коефіцієнт нормалізації	$1,12 \times 10^4$ кг CO <sub>2</sub> / рік	$2,20 \times 10^{-2}$ кг CFC11 / рік	$4,15 \times 10^{-1}$ кг P / рік
Нормалізовані значення $C_i$	$3,17 \times 10^{-4}$	$3,18 \times 10^{-3}$	$6,75 \times 10^{-3}$

$$N_k = \sum C_i / NF_i$$

де  $N_k$  – нормалізований індикатор  $i$ -ї категорії впливу;  $NF_{i,j}$  – нормалізаційний коефіцієнт для  $i$ -ї категорії впливу.



**Рисунок 2** – Хід визначення значення індикатору сфери захисту «Ресурси»

Етапи ОВЖЦ і, загалом, фази ОЖЦ реалізовано у таких застосунках як GaBi, OpenLCA, SimaPro, Umberto та інші. Інтерфейс SimaPro від PRé Sustainability розглянуто нижче.

## Застосунок SimaPro

Основне вікно застосунку дає змогу отримати доступ до усього функціоналу SimaPro. Панель зліва має назву «Провідник ОЖЦ» і структурована як контрольний лист ОЖЦ.

*Мета та сфера застосування.* У цій частині представлено ряд текстових полів, які надають структуру для опису мети та сфери застосування, а також бібліотеки на вибір користувача, тобто ресурси, де зберігаються стандартні дані та стандартні методи оцінки впливу.

*Інвентаризація.* Цей розділ забезпечує доступ до процесів та стадій продукту, двох основних типів даних у SimaPro. Описи систем використовуються як додаткова документація в деяких процесах. Типи відходів – це мітки, які використовує застосунок у процесах і сценаріях поводження з відходами.

*Оцінка впливу.* Цей розділ надає доступ до методів оцінки впливу. У підрозділі налаштування розрахунків можна визначити, які життєві цикли, процеси та збірки потрібно багаторазово аналізувати та порівнювати. Перевага використання налаштування обчислень полягає в тому, що всі життєві цикли або збірки завжди відображаються в одному порядку, з однаковими кольорами і однаковою шкалою.

*Інтерпретація.* Текстові поля розділу є вказівками, які допомагають перевірити, які завдання потрібно вирішити.

*Загальні дані.* Інші типи даних, такі як скрипти та загальні дані, не часто редагуються під час дослідження LCA, але містять корисні допоміжні таблиці, наприклад, посилання на літературу, назви речовин, перетворення величин тощо.

Ядром фази інвентаризації є побудування мережі (дерева) життєвого циклу, яка описує процеси життєвого циклу. Структура даних SimaPro містить два різних «будівельних блоки». Це *процеси*, які містять екологічні дані, а також економічні входи і виходи, і *стадії* продукційної системи, які описують продукт та його життєвий цикл. Процес у SimaPro містить

екологічні та соціальні потоки (викиди в повітря, воду та ґрунт; тверді відходи; нематеріальні викиди, такі як радіація та шум; використання ресурсів для моделювання їх виснаження; соціальний вплив), економічні потоки (входи з інших процесів, виходи, які у SimaPro мають назву продуктів; виходи відходів для подальшої обробки; вилучені процеси; економічні впливи), документацію (окреме вкладення з низкою текстових полів, які використовуються для ідентифікації запису, такі як ім'я, автор, дата та загальні коментарі; опис системи, доступний для опису базової моделі системи) і параметри (постійні значення, які можна визначити на рівні процесу, проекту або бази даних; вирази, які визначають залежності між параметрами з використанням широкого спектру математичних виразів). Процеси можна пов'язувати один з одним для створення мереж.

У діалоговому вікні «New/Edit material process» опису деякого процесу продукційної системи міститься чотири вкладки. Вкладка «Documentation» використовується для внесення його назви, типу, категорії, опису системних меж, авторів тощо. Зокрема можна вказати чи процес є *одиничним процесом* (англ. unit process) чи системою. *Системою* називають деяку сукупність одиничних процесів і для її опису використовується четверта вкладка «System description» цього діалогового вікна. Опис системи дає змогу отримати інформацію про те як було побудовано системну модель. Друга вкладка «Input/Output» є основною і повинна містити інформацію щодо входів і виходів створюваного процесу.

У результаті багатьох процесів можна отримати більше одного продукту. У випадку взаємопов'язаності життєвих циклів, іншими словами якщо виробництво одного продукту залежить від виробництва іншого продукту і не може бути розділено, використовують два шляхи:

1. Розширення системи або наслідкове моделювання.
2. Розподілення (англ. allocation) або атрибуційне моделювання.

*Наслідкове моделювання* використовують у випадку, якщо потрібно оцінити наслідки певних змін, наприклад, зміни впливу на довкілля через



заміну продукту  $X$  продуктом  $Y$ . Екологічне навантаження продукту  $X$  вилучається і його можна відняти від навантаження продукту  $Y$  на навколишнє середовище. Якщо в життєвому циклі продукту  $X$  є багатофункціональні процеси, одержувані побічні продукти та функції також видаляються і потребують заміни на альтернативні продукти та функції. Так само побічні продукти та функції в життєвому циклі продукту  $Y$  замінюють інші продукти та функції. Таким чином, багатофункціональні процеси можуть зробити наслідкове моделювання складним і вимагати більше даних.

*Атрибуційне моделювання* обирають тоді, коли потрібно визначити вплив продукту чи функції на довкілля та гарячі точки в його життєвому циклі, або коли потрібно порівняти вплив двох продуктів з однаковою функціональною одиницею. Усі входи та виходи в навколишнє середовище підсумовуються від видобутку сировини («колиски») до «воріт» постачальника продукту чи функції або до потужностей для оброблення відходів («могили»). Отже, результат атрибутивного моделювання часто називають екологічним слідом. У разі багатофункціональних процесів екологічне навантаження входів і виходів розподіляється між побічними продуктами та функціями за одним з трьох варіантів у такому порядку: (1) розділення багатофункціонального процесу за допомогою визначення входів і виходів процесів-складників; (2) визначення фізичної причини для розподілення, наприклад, можна використати вагу, об'єм, енергію, ексергію, кількість тощо; (3) використання економічного показника (доходу) для розподілення.

Для продуктів і побічних продуктів можна вказувати тип відходів. Тип відходів можна розглядати як мітку, яка додається до матеріального виходу. Ці вказівки використовуються у подальшому в сценаріях поводження з відходами, допомагаючи застосунку визначити, які викиди слід розподіляти для матеріалу, що, наприклад, спалюється або захоронюється. Ідея полягає в тому, що в принципі, наприклад, усі лісоматеріали мають більш-менш подібні викиди у фазі відходів. Так само всі сталеві відходи матимуть

однаковий вплив. Використовуючи стандартну мітку типу відходів, можна, хоча це опційно, уникнути створення безлічі сценаріїв поводження з відходами для кожного матеріалу, який додається до бази даних. Проте можна розробити сценарій відходів і для певного окремого матеріалу.

Типи відходів не завжди потрібно вказувати. Тільки матеріали, які вказано в описі збірки або дочірньої збірки повинні мати тип відходів. Наприклад, зрубані дерева не потребують вказування типу відходів, оскільки споживач не буде утилізувати зрубані дерева, але утилізуватиме дошки і, можливо, тирсу чи кору. Інший приклад – коли споживач утилізує поліетиленовий пакет. Застосунок повинен мати інформацію, що цей пластик матиме відходи пластикового типу, або, конкретніше, поліетилен. Застосунок не повинен враховувати, що цей матеріал спершу був нафтою, перш ніж його перетворили на пластик. Нафта, яка стала пластиком, не потребує вказування типу відходів. Якщо є сумніви, завжди краще вказати тип відходів. SimaPro постійно перевіряє, чи дійсно матеріали, що використовуються в збірках, мають відходи.

Застосунок SimaPro є потужним інструментом моделювання сценаріїв відходів. Розрізняють сценарії поводження з відходами (англ. waste scenarios) і сценарії видалення (англ. disposal scenarios). *Сценарії видалення* – це стадії продукційної системи і відносяться до потоків продукційної системи, містять інформацію стосовно того як продукт може бути розділено на компоненти (підзбірки), тобто можна моделювати розбирання і, наприклад, операції повторного використання. *Сценарії поводження з відходами* – це процеси, які стосуються матеріальних потоків без огляду на особливості продукційної системи.

Сценарій поводження з відходами може бути розділено як за видами процесів поводження з відходами, наприклад, спалення, захоронення, рециркулювання тощо, так і за типами відходів. Проте сценарії поводження з відходами описують тільки потоки відходів, не охоплюючи викиди і скиди, які утворюються під час процесів поводження з відходами. У застосунку

SimaPro для цього використовується інший тип процесів – *процеси оброблення відходів* (англ. waste treatment). Записи процесів оброблення відходів містять дані щодо викидів від процесів поводження з відходами. Для врахування можливих позитивних впливів на довкілля і ресурси відходів та побічних продуктів під час створення і редагування процесів оброблення відходів можна вказати, наприклад, певний ресурс або продукт та його обсяг, тоді викиди, спричинені цим продуктом, буде вилучено з розрахунків.

Застосунок не дає змогу переглядати мережу процесів для сценаріїв поводження з відходами, оскільки невідомо, які саме матеріали будуть формувати потоки відходів. Тому спершу потрібно визначити життєвий цикл і входи для потоків відходів.

Застосунок SimaPro використовує різні типи записів для описування продуктів і життєвих циклів – продукційні стадії. Стадії не містять екологічних даних проте стосуються процесів, описують склад продукту, використання продукту і шлях його видалення. Якщо, наприклад, вказати, що деякий продукт містить 1 кг сталі, то необхідно створити посилання на процес виробництва сталі та вказати обсяг 1 кг. Застосунок SimaPro визначає п'ять різних продукційних стадій, кожна з яких характеризується власною структурою.

1. *Збірки* містять перелік матеріалів і дочірніх збірок та перелік виробничих і енергетичних процесів, а також транспортування. Тобто SimaPro дає змогу створювати як звичайні збірки, так і «дочірні» збірки, які, у подальшому, можна використати для створення складніших збірок.

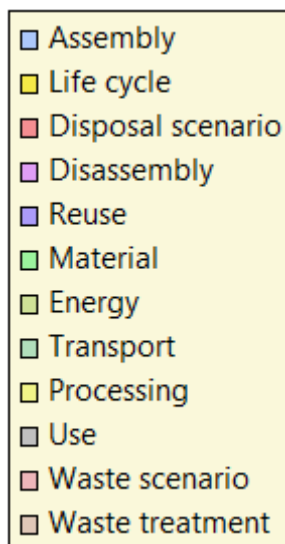
2. *Життєві цикли* – це інший тип продукційних стадій, які пов'язано з однією збіркою, яка представляє власне продукт, використовуваними процесами, сценарієм поводження з відходами або видалення, побічним життєвим циклом. Життєві цикли може бути пов'язано з іншими життєвими циклами, що дає змогу створювати моделі, в яких одні продукти використовують інші продукти.

3. *Сценарії видалення* описують кінець «життя» продукту, який також

може бути повторно використано або розібрано. Сценарій видалення містить процеси, які представляють екологічне навантаження пов'язане зі сценарієм, і зв'язки з розбірками, іншими сценаріями видалення, сценаріями поводження з відходами або стадіями повторного використання, сукупність яких і визначає кінцеве призначення видаленого продукту.

4. *Розбірки* описують розбирання продукту на складники, які необхідно вказати як дочірні збірки. Розбірка містить посилання на збірку, на процеси, які представляють екологічне навантаження, пов'язане з операціями розбирання, призначення відокремлених дочірніх збірок і ефективність розбирання, призначення залишків (зазвичай сценарій видалення або поводження з відходами).

5. *Повторне використання* описує як повторно використовують продукт і містить процеси, які представляють екологічне навантаження, пов'язане з операціями повторного використання, а також посилання на збірку або розбірку, яку будуть повторно використовувати.



**Рисунок 1** – Кольори-індикатори складників мережі

Застосунок SimaPro автоматично генерує редаговані дерева або мережі процесів. Для певної продукційної стадії, наприклад, життєвого циклу, можна натиснути команду «Network» на панелі інструментів і з'явиться діалогове вікно параметрів розрахунків, у якому потрібно натиснути команду «Calculate», після чого відкриється вікно результатів з деревом життєвого циклу. Жовтим кольором виділено блоки життєвого циклу (англ. life cycle), блакитним – збірок (англ. assembly),

рожевим – сценаріїв видалення (англ. Disposal scenario), бузковим – розбірок (англ. disassembly) тощо (рис. 1). Sima-Pro візуалізує нециклічні дані двома

способами – як ієрархічні дерева і як мережі. У випадку ієрархічного дерева кожний процес пов'язано з його вхідними процесами, у випадку мережі кожний процес представлено лише один раз.

Залежно від мети і сфери застосування результатів дослідження значна частка даних, необхідних під час фази інвентаризаційного аналізу, це довідкові дані, які немає потреби збирати спеціально. Довідкові дані зазвичай наявні у базах даних або літературних джерелах. Застосунок SimaPro містить бібліотеки ecoinvent<sup>5</sup>, які і є джерелом таких довідкових даних. База даних ecoinvent охоплює більше 10 тис. процесів і містить близько 17 тис. наборів даних. У SimaPro також використано бази даних «витрати-випуск», які містять узагальнені набори даних у розрізі галузей економіки, а не процесів.

Застосунок SimaPro містить велику кількість стандартних методів оцінювання впливу продукційних систем. Кожний метод містить певну кількість категорій впливу, деякі з методів дають змогу виконати агрегування показників у один комплексний показник. Вибір того чи іншого методу залежить від великої кількості факторів, починаючи з набору категорій впливу і закінчуючи досвідом власне дослідника.

### **Питання для самостійної роботи студента**

(самостійне підготування до семінарського заняття)

Основні питання для розгляду:

1. Життєвий цикл продукції або послуги.
2. Інструменти і методи КЖЦ (вартісна оцінка життєвого циклу, аналіз витрат і прибутку, аналіз потоків сировини та матеріалів).
3. Процедури КЖЦ (комунікація, залученням зацікавлених сторін, екологічна сертифікація, екологічне маркування).
4. Чинники впровадження КЖЦ.
5. Закупівлі, маркетинг та співпраця із зацікавленими сторонами у КЖЦ.

---

<sup>5</sup> ecoinvent, the ecoinvent Association, url: <https://www.ecoinvent.org/>

6. Функціональна одиниця, межі системи, одиничний процес та елементарний потік в ОЖЦ.
7. Структура ОЖЦ згідно стандарту ISO 14040.
8. Процедура оцінювання впливу життєвого циклу як фаза ОЖЦ.
9. Карбоновий слід продукції (ISO 14067)
10. Водний слід продукції (ISO 14046).

**Завдання для самостійної роботи студента<sup>6</sup>**  
(самостійне ознайомлення із застосунком SimaPro)

**Опція А «Загальний огляд застосунку SimaPro»**

Послідовність виконання та заповнення звіту.

**A.1.** Завантажте застосунок SimaPro версії 9.1<sup>7</sup> скориставшись посиланням <https://support.simapro.com/articles/Article/SimaPro-Installation/> (потрібно обрати «Single user installation file», <https://pre-support.sharefile.com/d-s6a89f0708044312a>). Під час встановлення застосунку необхідно вказати реєстраційні ім'я та код, надані викладачем.

**A.2.** Відкрийте SimaPro. Вкажіть ім'я бази даних «Professional» і натисніть команду «Open». У діалоговому вікні «Projects» оберіть проект «Introduction to SimaPro» і натисніть команду «Open». У вікні ОЖЦ провідника оберіть розділ «Wizards» і натисніть посилання «Guided tour (with coffee)». Прогляньте усі три розділи майстра (близько 20 хв.), який за допомогою ОЖЦ порівнюватиме дві моделі кавових машин, Sima і Pro (модель Sima виготовлено з поліпропілену і збереження кави теплою відбувається за рахунок підігрівання знизу, модель Pro виготовлено з алюмінію і кава залишається теплою у термокружці). Перехід етапами майстру в межах розділів організовано за допомогою команд «Next» та

---

<sup>6</sup> на основі Goedkoop, M. & Oele, M. & Vieira, M. & Leijting, J. & Ponsioen, T. & Meijer, E., 2016, SimaPro Tutorial, PRé, URL: <https://www.pre-sustainability.com/legacy/download/SimaPro8Tutorial.pdf>

<sup>7</sup> Вимоги до ОС представлено за посиланням <https://support.simapro.com/articles/Article/SimaPro-System-Requirements>. Якщо ОС не відповідає вказаним системним вимогам, необхідним для встановлення SimaPro 9, варто встановити попередню версію застосунку (SimaPro 8 або SimaPro 7) за посиланням <https://support.simapro.com/articles/Manual/Install-or-Update-Older-SimaPro-Versions/>.

«Previous» (права нижня частина діалогового вікна «Wizard: 'Guided tour (with coffee)'»).

- Додайте в електронний звіт принаймні два скріншоти протягом проходження майстра.

### **A.3.** Покрокове опрацювання проекту «Coffee machine (demo)».

**A.3.1. MiC.** Перейдіть у розділ «Goal and Score» провідника і прогляньте опис проекту та задіяні бібліотеки даних.

- Додайте у звіт відповідний скріншот.


**A.3.2. ІАЖЦ.** Перейдіть у розділ «Inventory» провідника, перегляньте доступні процеси у підрозділі «Processes».

- Додайте у звіт скріншот провідника з відкритою категорією згідно варіанту, який відповідає номеру в списку академічної групи (Додаток Б).

Оберіть будь-який процес з категорії Вашого варіанту та натисніть команду «View» провідника або двічі лівою кнопкою миші.


- Додайте у звіт скріншот діалогового вікна перегляду обраного процесу.

**A.3.3. Екологічний профіль** продукційної системи. У розділі «Inventory» провідника перейдіть у підрозділ «Product stages» та оберіть категорію «Coffee machine (demo)» з категорії «Assembly». У вікні справа буде відображено дві продукційні системи або збірки, «Assembly model Pro (aluminium)» та «Assembly model Sima (plastic)». За допомогою команди «Edit» відкрийте кожну збірку і змініть ім'я збірок на «*Pryzvyshche*<sup>8</sup> Pro (aluminium)» та «*Pryzvyshche* Sima (plastic)», відповідно, у полі «Name» вкладки «Input/Output». Після закриття діалогового вікна збірки з'явиться запит про збереження, підтвердіть збереження.

Оберіть будь-яку зі збірок і натисніть команду «Analyze»  на панелі інструментів. З'явиться діалогове вікно параметрів розрахунків, у якому

---


<sup>8</sup> Ваше прізвище латиницею

потрібно вказати у полі «Method» метод ReCiPe 2016 Endpoint (H) з гілки «Global» діалогового вікна вибору методів оцінювання впливу і натиснути команду «Calculate», після чого відкриється вікно результатів інвентаризації та оцінювання впливу. Оберіть вкладку «Impact Assessment» та натисніть команду «Characterization» для перегляду результатів етапу характеристики. Активуйте кнопку «Show chart»  дочірньої вкладки «Characterization» та за допомогою команди «Copy» меню «Edit» скопіюйте отриману діаграму значень індикаторів категорій впливу в буфер обміну і додайте у звіт. Прогляньте результати ІАЖЦ на вкладці «Inventory» та результати ОВЖЦ, які відображено на інших дочірніх вкладках вкладки «Characterization». Перейдіть на вкладку «Process contribution» і прогляньте результати оцінювання внеску процесів-складників збірки у певну категорію впливу згідно Вашого варіанту (Додаток Б).



Додайте у звіт скріншот таблиці даних  або діаграми .

**A.3.4. Відображення мережі процесів.** Перейдіть на вкладку «Network» або, якщо вікно результатів закрито, оберіть збірку у вікні провідника та тисніть команду «Network» панелі інструментів і виконайте розрахунки для чого потрібно натиснути команду «Calculate». У списку типу показника вкладки «Network» оберіть «Single score», що дасть змогу переглянути мережу процесів зі значеннями єдиного агрегований показника продукційної системи, які отримано з використанням методу за замовчуванням для проекту «Introduction to SimaPro» (метод ReCiPe Endpoint (H) V1.13). Якщо під час формування мережі процесів частина з них не відобразиться, про що з'явиться відповідне повідомлення, змініть значення у полі введення «Node cut-off» на 0 і скопіюйте отриману діаграму за допомогою команди «Copy» меню «Edit».

Додайте мережу процесів у звіт.

Вкладка «Network» містить багато команд керування відображенням мережі процесів продукційної системи: навігація , увімкнення заданих



зображень процесів , відображення значення показників як товщини ліній  тощо.

**A.3.5.** *Аналіз життєвого циклу.* У розділі «Inventory» провідника перейдіть у підрозділ «Product stages» та оберіть категорію «Coffee machine (demo)» з категорії «Life cycle». У нижній частині вікна провідника можна переглянути опис функціональної одиниці продукційних систем «Life cycle model Sima (plastic)» та «Life cycle Pro, no takeback» і пересвідчитись, що функціональні одиниці є однаковими з метою подальшого порівняння цих продукційних систем. Аналогічно п. А.3.3 змініть назви життєвих циклів обох продукційних систем використавши власне прізвище і, додатково, обсяг витраченої електроенергії на функціональну одиницю: для моделі Sima 375-N, для моделі Pro 250-N, де N – Ваш порядковий номер у списку академічної групи.

Аналогічно пп. А.3.3 та А.3.4 отримайте діаграму індикаторів категорій впливу (вкладка «Characterization» вікна результатів аналізу) для життєвого циклу однієї з продукційних систем, а також мережу процесів (відображення усіх процесів можна не використовувати).

Додайте діаграму і мережу процесів у звіт.

**A.3.6.** *Порівнювання продукційних систем на стадії виробництва.* У розділі «Inventory» провідника перейдіть у підрозділ «Product stages» та оберіть категорію «Coffee machine (demo)» з категорії «Assembly». Оберіть обидві збірки затиснувши клавішу Ctrl і натисніть команду «Compare» на панелі інструментів, у діалоговому вікні, що з'явилося, вкажіть у полі «Method» метод ReCiPe 2016 Endpoint (H) з гілки «Global» діалогового вікна вибору методів оцінювання впливу і натисніть команду «Calculate». На вкладці «Impact Assessment» вікна результатів аналізу оберіть дочірню вкладку «Single score».

Додайте у звіт отриману діаграму агрегованого впливу на довкілля продукційних систем на стадії виробництва.

Зробіть висновки.

**A.3.7.** *Порівнювання життєвого циклу продукційних систем.* У розділі «Inventory» провідника перейдіть у підрозділ «Product stages» та оберіть категорію «Coffee machine (demo)» з категорії «Life cycle». Оберіть обидва життєвих цикли затиснувши клавішу Ctrl і натисніть команду «Compare» на панелі інструментів, у діалоговому вікні, що з'явилось, натисніть команду «Calculate». На вкладці «Impact Assessment» вікна результатів аналізу оберіть дочірню вкладку «Single score».

- Додайте у звіт отриману діаграму агрегованого впливу на довкілля життєвого циклу продукційних систем.

Зробіть висновки.

Закрийте вікно результатів аналізу. Повторно оберіть обидва життєвих цикли і натисніть команду «Compare». У діалоговому вікні, що з'явилось змініть метод ОВЖЦ на ILCD 2011 Midpoint+ у діалоговому вікні вибору методу з гілки «European» і натисніть команду «Calculate».

- Додайте у звіт діаграму агрегованого впливу на довкілля життєвого циклу продукційних систем.

Зробіть висновки.

**A.3.8.** *Обробка та аналіз результатів. Оформлення звіту.* Після виконання завдань необхідно підготувати електронний звіт, який повинен містити роздруківки скріншотів з відповідними поясненнями та висновками (Додаток В).

***Опція Б «Створення і редагування процесів продукційної системи  
у застосунку SimaPro»***

Послідовність виконання та заповнення звіту.

**Б.1.** Відкрийте SimaPro. Вкажіть ім'я бази даних «Professional» і натисніть команду «Open». У діалоговому вікні «Projects» оберіть проект «Tutorial with wood example» і натисніть команду «Open». Створюємо проект ОЖЦ нефарбованої неопалюваної неосвітлюваної дерев'яної повітки з дерева

та металевих складників (цвяхи і т.п.).

**Б.2.** Процес І «Лісозаготівля». Заготовляють близько 1,25 т деревини для отримання стовбурів вагою 1 т. Для вирубування дерев використовують бензопилу (англ. chainsaw). Прийнято норму вирубки  $x$  т за годину (Додаток Б). Отже, для вирубування 1,25 т потрібно  $1,25/x \times 60$  хвилин.

**Б.2.1.** У вікні ОЖЦ провідника оберіть розділ «Processes», оберіть гілку «Processes – Material – Wood» та натисніть команду «New». У діалоговому вікні «New material process» на вкладці «Input/Output» у розділі «Known outputs to technosphere. Products and co-products» у першому полі зліва введіть «*Pryzvyshche zrubane derevo*»; у полі «Amount» введіть «1»; у полі «Unit» введіть «ton» (або «1000» і «kg»).

**Б.2.2.** У розділі «Known inputs from nature» у перше поле зліва додайте «*Wood, unspecified, standing/kg*» за допомогою дочірнього діалогового вікна «Select a raw material»; у полі «Amount» введіть «1250»; у полі «Unit» введіть «kg».

**Б.2.3.** У розділі «Inputs from technosphere (materials/fuels)» у перше поле зліва додайте «*Chain sawing*» за допомогою діалогового вікна «Select a product» (гілка «Processes – Processing – Wood»); у полі «Amount» введіть необхідну кількість хвилин (наприклад, для норми вирубки 25 т, тривалість складе  $1,25/25 \times 60 = 3$  хв); у полі «Unit» введіть «min».

**Б.2.4.** У розділі «Final waste flows» у перше поле зліва додайте «*Wood waste*» за допомогою діалогового вікна «Select a final waste flow»; у полі «Amount» введіть «250»; у полі «Unit» введіть «kg».

Додайте у звіт скріншот(и) вкладки «Input/Output» діалогового вікна.

**Б.2.5.** Натисніть команду «Network» на панелі інструментів. З'явиться діалогове вікно параметрів розрахунків, у якому потрібно натиснути команду «Calculate», після чого відкриється вікно результатів з мережею матеріалів і процесів складників для 1 кг заготовленої деревини. Змініть значення у полі введення «Node cut-off» вкладки «Network» на більше, так щоб відобразилось

три-чотири вузли сформованої мережі.

- Скопіюйте отриману діаграму за допомогою команди «Сору» меню «Edit». Додайте мережу процесів у звіт.

**Б.2.6.** У діалоговому вікні «New material process» на вкладці «Documentation» у поле «Name» введіть «*Pryzvyshche – lisozahotivlia*»; у поле «Process type» – «Unit process»; у поле «Generator» – свої ПІБ; у поле «Image» – будь-яке зображення пов'язане з лісозаготівлею.



- Додайте у звіт скріншот вкладки «Documentation» діалогового вікна.

Натисніть команду «Save» на головній панелі інструментів застосунку SimaPro і продукт «*Pryzvyshche zrubane derevo*» з'явиться у гілці «Processes – Material – Wood».

**Б.3.** Процес II «Лісопилка» (вироблення дощок). Цей процес відображатиме перетворення стовбурів дерев у дошки ( $y_1$  %), тирсу ( $y_2$  %) і кору ( $y_3$  %), решту 250 кг (верхівка і гілки) використовують на лісопилці для сушіння деревини (Додаток Б). Екологічне навантаження вирубування, транспортування і самої лісопилки буде розподілено між трьома виходами (дощки, тирса і кора) за масою.

**Б.3.1.** У вікні ОЖЦ провідника оберіть розділ «Processes», оберіть гілку «Processes – Material – Wood» та натисніть команду «New». У діалоговому вікні «New material process» на вкладці «Input/Output» у розділі «Known outputs to technosphere. Products and co-products» у першому полі зліва введіть «*Pryzvyshche doshky*»; у поле «Amount» введіть значення, яке дорівнює  $1000 \times y_1$ ; у полі «Unit» введіть «kg»; у поле «Allocation» –  $y_1$  %; у поле «Waste type» – «Wood». Двічі натисніть сіре поле «Insert line here» та у цей розділ додайте побічні продукти «*Pryzvyshche tyrsa*» та «*Pryzvyshche kora*» кількістю  $1000 \times y_2$  кг та 100 кг з розподіленням екологічного навантаження (поле «Allocation»)  $y_2$  % та 10 %, відповідно. У поле «Waste type» для обох побічних продуктів введіть «Wood». Наприклад, для значень  $y_1 = 50$  %,  $y_2 =$

40 % у поле «Amount» потрібно ввести значення 500 для дощок, 400 для тирси та 100 для кори, у поле «Allocation» – 50 %, 40% та 10 %.

**Б.3.2.** У розділі «Inputs from technosphere (materials/fuels)» у перше поле зліва додайте «*Pryzvyshche zrubane derevo*» за допомогою діалогового вікна «Select a product» (гілка «Processes – Material – Wood»); у полі «Amount» введіть 1,25; у полі «Unit» введіть «ton».

**Б.3.3.** У розділі «Inputs from technosphere (electricity/heat)» у перше поле зліва додайте транспортування деревини від місця лісозаготівлі до лісопилки – «*Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro5 {RoW}| market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 | APOS, S*» за допомогою діалогового вікна «Select a product» (гілка «Processes – Transport – Road – Market»). Транспортування виражено у тонно-кілометрах (ткм), тобто перевезення 1,25 т на відстань 200 км матиме значення  $1,25 \times 200 = 250$  ткм. Введіть значення у поле «Amount» із розрахунку відстані  $1,25 \times (200 + z)$  км, де  $z$  – Ваш порядковий номер у списку академічної групи.

У цьому ж розділі додайте витрати електроенергії для оброблення тонни деревини на лісопилці – «*Electricity, medium voltage {UA} market for | APOS, S*» за допомогою діалогового вікна «Select a product» (гілка «Processes – Energy – Electricity country mix – Medium Voltage – Market») зі значенням 150 кВт-год (kWh).

**Б.3.4.** У розділ «Emissions to air» потрібно додати такі невраховані викиди в атмосферне повітря від спалювання гілок для сушіння деревини (викиди від транспортування і використання електроенергії враховано за допомогою процесів доданих у п. 3.3): «Carbon dioxide, biogenic» – 450 kg, «Carbon monoxide, biogenic» – 2,9 kg, «Nitrogen dioxide» – 500 g, «Particulates, < 10  $\mu\text{m}$ » – 540 g, «Sulfur dioxide» – 100 g.



Додайте у звіт скріншот(и) вкладки «Input/Output» діалогового вікна.

**Б.3.5.** Натисніть команду «Network» на панелі інструментів. З'явиться діалогове вікно параметрів розрахунків, у якому потрібно натиснути команду

«Calculate», після чого відкриється вікно результатів з мережею матеріалів і процесів складників для 1 кг дощок. Змініть значення у полі введення «Node cut-off» вкладки «Network» на більше, так щоб відобразилось шість-сім вузлів сформованої мережі.

- Скопіюйте отриману діаграму за допомогою команди «Copy» меню «Edit». Додайте мережу процесів у звіт.

**Б.3.6.** У діалоговому вікні «New material process» на вкладці «Documentation» у поле «Name» введіть «*Pryzvyshche – lisopylka*»; у поле «Process type» – «*Unit process*»; у поле «Generator» – свої ППБ; у поле «Image» – будь-яке зображення пов'язане з лісопилкою.



- Додайте у звіт скріншот вкладки «Documentation» діалогового вікна.

Натисніть команду «Save» на головній панелі інструментів застосунку SimaPro і продукти «*Pryzvyshche doshky*», «*Pryzvyshche tyrsa*» та «*Pryzvyshche kora*» з'являться у гілці «Processes – Material – Wood».

**Б.4.** *Обробка та аналіз результатів. Оформлення звіту.* Після виконання завдань необхідно підготувати електронний звіт, який повинен містити роздруківки скріншотів з відповідними поясненнями та висновками (Додаток В).

### **Опція В<sup>9</sup>** «Створення сценаріїв поводження з відходами у застосунку SimaPro»

Послідовність виконання та заповнення звіту.

**В.1.** Як вказано вище повітка складається з дерев'яних дощок та металевих деталей. Варто за допомогою простої моделі поводження з відходами оцінити прикінцеву стадію життя деревини та сталі як складників повітки. Нехай 40% деревини буде спалено (відкритий вогонь, нульовий внесок в опалення приміщень) і 60 % потрапить на сміттєзвалище, на якому

<sup>9</sup> Опція В передбачає спершу виконання завдань опції Б.

впроваджено збирання метану і 31 % метану використовується як пальне.

**В.2.** Процес поводження з відходами І «Повітка потрапляє на сміттєзвалище». У вікні ОЖЦ провідника оберіть розділ «Processes», оберіть гілку «Processes – Waste treatment – Landfill» та натисніть команду «New». У діалоговому вікні «New waste treatment process» на вкладці «Input/Output» у розділі «Waste specification» у першому полі зліва введіть «*Pryzvyshche – povitku na zvalyshche*»; у поле «Default material/waste type» потрібно ввести значення «Wood» (для цього подвійним натисканням на полі введення відкрийте діалогове вікно «Select a waste type or material process», оберіть у лівому вікні «Wood» і натисніть не «Select», а «Waste type»); у полі «Amount» введіть «1»; у полі «Unit» – «kg».

Оскільки у результаті частина повітки перетвориться у метан, то припускається що його використання призводить до зменшення потреби у природному газі, виробленому деінде. Тому в розділі «Outputs to technosphere: Avoided products» у перше поле зліва додайте «*Natural gas, from high pressure network (1-5 bar), at service station {GLO} | market for | APOS, S*» з гілки «Processes – Material – Fuels – Natural gas – Market» за допомогою діалогового вікна «Select a product» і у наступних полях цього розділу вкажіть «0,007» і «kg».

У розділі «Inputs from technosphere: materials/fuels» необхідно додати транспортування залишків повітки від центру збирання відходів до сміттєзвалища. Потрібно додати «*Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro5 {RoW} | market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 | APOS, S*» (див. п. Б.3.3) і вказати значення у ткм. Нехай відстань складає  $(20 + z)$  км, де  $z$  – Ваш порядковий номер у списку академічної групи, тоді транспортування 1 кг залишків повітки становитиме  $0,001 \times (20 + z)$  ткм. Отримане значення введіть у поле «Amount».

У розділ «Emissions to air» потрібно додати частину невловлених викидів в атмосферне повітря метану і викиди двоокису карбону: «Carbon dioxide, biogenic» – 0,5 kg, «Methane, biogenic» – 0,002 kg.



- Додайте у звіт скріншот(и) вкладки «Input/Output» діалогового вікна.

Натисніть команду «Network» на панелі інструментів. З'явиться діалогове вікно параметрів розрахунків, у якому потрібно натиснути команду «Calculate», після чого відкриється вікно результатів з мережею матеріалів і процесів складників для 1 кг залишків повітки.

- Скопіюйте отриману діаграму за допомогою команди «Copy» меню «Edit». Додайте мережу процесів у звіт.

У діалоговому вікні «New waste treatment process» на вкладці «Documentation» у поле «Name» введіть «*Pryzvyshche – zvalyshche*»; у поле «Process type» – «*Unit process*»; у поле «Generator» – свої ПІБ; у поле «Image» – будь-яке зображення пов'язане з сміттєзвалищем.

- Додайте у звіт скріншот вкладки «Documentation» діалогового вікна.

Натисніть команду «Save» на головній панелі інструментів застосунку SimaPro.

**В.3.** Процес поводження з відходами II «Повітку буде спалено». У вікні ОЖЦ провідника оберіть розділ «Processes», оберіть гілку «Processes – Waste treatment – Incineration» та натисніть команду «New». У діалоговому вікні «New waste treatment process» на вкладці «Input/Output» у розділі «Waste specification» у першому полі зліва введіть «*Pryzvyshche – povitku na spalennia*»; у поле «Default material/waste type» потрібно ввести значення «*Wood*»; у полі «Amount» введіть «*1*»; у полі «Unit» – «*kg*».

У розділ «Emissions to air» потрібно додати викиди, пов'язані зі спалюванням 1 кг деревини (залишків повітки): «Carbon dioxide, biogenic» – 1,2 kg, «Carbon monoxide, biogenic» – 50 g, «NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin» – 27,5 g, «PAH, polycyclic aromatic hydrocarbone» – 40 mg, «Particulates, < 10 µm» – 2,5 mg, «Nitrogen dioxide» – 2 g.

- Додайте у звіт скріншот(и) вкладки «Input/Output» діалогового вікна.



Натисніть команду «Network» на панелі інструментів. З'явиться діалогове вікно параметрів розрахунків, у якому потрібно натиснути команду «Calculate», після чого відкриється вікно результатів з мережею матеріалів і процесів складників для 1 кг залишків повітки.

- Скопіюйте отриману діаграму за допомогою команди «Copy» меню «Edit». Додайте мережу процесів у звіт.

У діалоговому вікні «New waste treatment process» на вкладці «Documentation» у поле «Name» введіть «*Pryzvyshche – spalennia*»; у поле «Process type» – «*Unit process*»; у поле «Generator» – свої ПІБ; у поле «Image» – будь-яке зображення пов'язане з спалюванням деревини (наприклад, багаття).

- Додайте у звіт скріншот вкладки «Documentation» діалогового вікна.

Натисніть команду «Save» на головній панелі інструментів застосунку SimaPro.

**В.4.** Створення сценарію і поводження з відходами «Сміттєзвалище». У вікні ОЖЦ провідника оберіть розділ «Processes», оберіть гілку «Processes – Waste scenario – Landfill» та натисніть команду «New». У діалоговому вікні «New waste scenario process» на вкладці «Input/Output» у розділі «Waste specification» вкажіть «*Pryzvyshche – zvalyshche*», «1» і «kg».

У розділ «Materials and/or waste types separated from waste» додайте створений процес поводження з відходами «*Pryzvyshche – povitku na zvalyshche*» з гілки «Processes – Waste treatment – Landfill» і вкажіть у полі «Material / Waste type» – «*Wood*»; у полі «Percentage» введіть «100 %».

У цей розділ також потрібно додати процес поводження з металевими складниками повітки. Додайте процес поводження з відходами «*Scrap steel {RoW} treatment of, inert material landfill, APOS, S*» з гілки «Processes – Waste treatment – Landfill – Inert material landfill – Transformation» і вкажіть у полі «Material / Waste type» – «*Steel*»; у полі «Percentage» введіть «100 %».

У розділ «Waste streams remaining after separation» додайте «*Unspecified*» з гілки «Processes – Waste treatment – Others» і вкажіть у полі у полі «Percentage» введіть «100 %».

- Додайте у звіт скріншот(и) вкладки «Input/Output» діалогового вікна.

У діалоговому вікні «New waste scenario process» на вкладці «Documentation» у поле «Name» введіть «*Pryzvyshche – scenariy 1*»; у поле «Process type» – «*Unit process*»; у поле «Generator» – свої ПІБ. Натисніть команду «Save» на головній панелі інструментів застосунку SimaPro.

**В.5.** Створення сценарію II поводження з відходами «Спалення». У вікні ОЖЦ провідника оберіть розділ «Processes», оберіть гілку «Processes – Waste scenario – Incineration» та натисніть команду «New». У діалоговому вікні «New waste scenario process» на вкладці «Input/Output» у розділі «Waste specification» вкажіть «*Pryzvyshche – spalennia*», «1» і «kg».

У розділ «Materials and/or waste types separated from waste» додайте створений процес поводження з відходами «*Pryzvyshche – povitku na spalennia*» з гілки «Processes – Waste treatment – Incineration» і вкажіть у полі «Material / Waste type» – «*Wood*»; у полі «Percentage» введіть «100 %».

У цей розділ також потрібно додати процес поводження з металевими складниками повітки. Додайте процес поводження з відходами «*Scrap steel {RoW} treatment of scrap steel, municipal incineration, APOS, S*» з гілки «Processes – Waste treatment – Incineration – Municipal incineration – Transformation» і вкажіть у полі «Material / Waste type» – «*Steel*»; у полі «Percentage» введіть «100 %».

У розділ «Waste streams remaining after separation» додайте «*Unspecified*» з гілки «Processes – Waste treatment – Others» і вкажіть у полі у полі «Percentage» введіть «100 %».

- Додайте у звіт скріншот(и) вкладки «Input/Output» діалогового вікна.

У діалоговому вікні «New waste scenario process» на вкладці «Documentation» у поле «Name» введіть «*Pryzvyshche – scenariy 2*»; у поле «Process type» – «*Unit process*»; у поле «Generator» – свої ПІБ. Натисніть команду «Save» на головній панелі інструментів застосунку SimaPro.

**В.6.** Створення сценарію III поводження з відходами «40% спалення / 60 % захоронення». У вікні ОЖЦ провідника оберіть розділ «Processes», оберіть гілку «Processes – Waste scenario – Others» та натисніть команду «New». У діалоговому вікні «New waste scenario process» на вкладці «Input/Output» у розділі «Waste specification» вкажіть «*Pryzvyshche – povitka40s60z*», «200» і «kg».

У розділі «Inputs from technosphere: electricity/heat» необхідно додати транспортування залишків повітки від власника до муніципального центру збирання відходів. Потрібно додати «*Transport, passenger car, EURO 5 {RoW} / market for / APOS, S*» і вказати у полі «Amount» значення  $(10 + z)$  км, де  $z$  – Ваш порядковий номер у списку академічної групи.

У розділ «Materials and/or waste types separated from waste» додайте створені сценарії поводження з відходами «*Pryzvyshche – spalennia*» з гілки «Processes – Waste scenario – Incineration» і «*Pryzvyshche – zvalyshche*» з гілки «Processes – Waste scenario – Landfill». Вкажіть для спалювання 40% і для сміттєзвалища 60%, відповідно; тип відходів вказувати не потрібно.

У розділі «Waste streams remaining after separation» також нічого вказувати не потрібно. Натисніть команду «Save» на головній панелі інструментів застосунку SimaPro (попередження, яке з’явиться, можна ігнорувати).

Додайте у звіт скріншот(и) вкладки «Input/Output» діалогового вікна.

У діалоговому вікні «New waste scenario process» на вкладці «Documentation» у поле «Name» введіть «*Pryzvyshche – scenariy 3*»; у поле «Process type» – «*Unit process*»; у поле «Generator» – свої ПІБ.

**В.7. Обробка та аналіз результатів. Оформлення звіту.** Після виконання завдань необхідно підготувати електронний звіт, який повинен містити роздруківки скріншотів з відповідними поясненнями та висновками (Додаток В).

**Опція Г<sup>10</sup> «Створення життєвого циклу продукційної системи  
у застосунку SimaPro»**

Послідовність виконання та заповнення звіту.

**Г.1.** Відкрийте SimaPro. Вкажіть ім'я бази даних «Professional» і натисніть команду «Open». У діалоговому вікні «Projects» оберіть проект «Tutorial with wood example» і натисніть команду «Open».

**Г.2.** Стадія «Будування повітки». Нехай повітку можна побудувати з  $x$  кг дошок (Додаток Б). Пакуванням і втратами протягом розпилу нехтуємо.

Використовується близько 2 кг сталевих складників (цвяхи, шурупи тощо). Покупець забирає дошки самостійно приватним автомобілем з магазину на відстані 5 км.

У вікні ОЖЦ провідника оберіть розділ «Product stages», оберіть гілку «Product stages – Assembly – Other» та натисніть команду «New» для створення порожньої збірки. У діалоговому вікні «New assembly» на вкладці «Input/Output» у полі «Name» введіть «*Pryzvyshche prosta povitka*».

У розділ «Material/Assemblies» додайте «*Pryzvyshche doshky*» з гілки «Material – Wood» натиснувши команду «Select»; у поле «Amount» введіть « $x$ »; у полі «Unit» введіть «kg».

У цей же розділ додайте «*Steel, low-alloyed {GLO} / market for / APOS, S*» з гілки «Material – Metals – Ferro – Market»; у поле «Amount» введіть «2»; у полі «Unit» введіть «kg».

У розділ «Processes» додайте «*Transport, passenger car, EURO 4 {RoW} / market for / APOS, S*» з гілки «Processes – Transport – Road – Market» натиснувши команду «Select»; у поле «Amount» введіть «10»; у полі «Unit» введіть «km».

---

<sup>10</sup> Опція Г передбачає спершу виконання завдань опції Б та В.

- Додайте у звіт скріншот(и) вкладки «Input/Output» діалогового вікна.

Натисніть команду «Network» на панелі інструментів. З'явиться діалогове вікно параметрів розрахунків, у якому потрібно натиснути команду «Calculate», після чого відкриється вікно результатів з мережею матеріалів і процесів складників для побудування повітки. Змініть значення у полі введення «Node cut-off» вкладки «Network» на більше, так щоб відобразилось 10-15 вузлів сформованої мережі.

- Скопіюйте отриману діаграму за допомогою команди «Copy» меню «Edit». Додайте мережу процесів у звіт.

**Г.3.** Створення *життєвого циклу* повітки. У вікні ОЖЦ провідника оберіть розділ «Product stages», оберіть гілку «Product stages – Life cycle – Other» та натисніть команду «New» для створення порожнього життєвого циклу. У діалоговому вікні «New life cycle» на вкладці «Input/Output» у полі «Name» введіть «*Pryzvyshche zhyttia povitky*». У розділ «Assembly» додайте «*Pryzvyshche prosta povitka*» скориставшись командою «Select»; у поле «Amount» введіть «1»; у полі «Unit» введіть «p» (тобто шт.).

У розділ «Waste/Disposal scenarig» додайте один зі сценаріїв, створених у п. 4 лабораторної роботи №2, натиснувши команду «Select».

- Додайте у звіт скріншот(и) вкладки «Input/Output» діалогового вікна.

Натисніть команду «Network» на панелі інструментів. З'явиться діалогове вікно параметрів розрахунків, у якому потрібно натиснути команду «Calculate», після чого відкриється вікно результатів з деревом життєвого циклу повітки. Змініть значення у полі введення «Node cut-off» вкладки «Network» на більше, так щоб відобразилось 20-25 вузлів сформованої мережі.

- Скопіюйте отриману діаграму за допомогою команди «Copy» меню «Edit». Додайте мережу в звіт.

**Г.4.** Інвентаризаційний аналіз *життєвого циклу* повітки. У вікні ОЖЦ провідника оберіть розділ «Product stages», оберіть «*Pryzvyshche zhyttia*

*povitky*» в гілці «Product stages – Life cycle – Other» і натисніть команду «Analyze» на панелі інструментів. З'явиться діалогове вікно параметрів розрахунків, у якому потрібно натиснути команду «Calculate», після чого відкриється вікно результатів аналізу життєвого циклу продукційної системи. На вкладці «Inventory» оберіть середовище (поле «Compartment»), на яке впливає життєвий цикл повітки, наприклад, ґрунти («Emission to soil»), або вкажіть усі середовища («All compartments») та визначте, яка речовина має найбільші обсяги за допомогою сортування за спаданням поля «Total».

- Додайте у звіт скріншот(и) верхньої частини вкладки «Inventory» діалогового вікна аналізу життєвого циклу продукційної системи, так, щоб захопити 4-5 речовин.

#### Г.5. Аналіз впливу *життєвого циклу* повітки.

Г.5.1. ОВЖЦ. У вікні ОЖЦ провідника оберіть розділ «Product stages», оберіть «*Pryzvyshche zhyttia povitky*» в гілці «Product stages – Life cycle – Other» і натисніть команду «Analyze» на панелі інструментів. З'явиться діалогове вікно параметрів розрахунків, у якому потрібно вказати у полі «Method» діалогового вікна вибору методів оцінювання впливу, наприклад, метод ILCD 2011 Midpoint+ з гілки «European» або ReCiPe 2016 Endpoint (H) з гілки «Global», і натиснути команду «Calculate», після чого відкриється вікно результатів аналізу життєвого циклу продукційної системи.


- Додайте у звіт скріншот діаграми значень показників категорій впливу або сфер захисту після нормалізації (дочірня вкладка «Normalization» вкладки «Impact assessment» діалогового вікна аналізу життєвого циклу продукційної системи) та скріншот діаграми агрегованого показника (дочірня вкладка «Single score» вкладки «Impact assessment» діалогового вікна аналізу життєвого циклу продукційної системи).

Зробіть висновки щодо сумарного впливу життєвого циклу повітки на деякі категорії впливу і щодо сумарного впливу складників життєвого циклу повітки (збірки і стадії видалення відходів).

### Г.5.2. Використання мережі для перегляду результатів ОВЖЦ.

Перейдіть на вкладку «Network». Змініть значення у першому панелі інструментів вкладки з «Single score» на «Inventory» і оберіть у діалоговому вікні вибору речовини «Methane, biogenic» з категорії «Airborne emissions». У вузлах мережі відобразиться не значення агрегованого показника, а обсяги викидів метану, пов'язані з життєвим циклом повітки.

- Скопіюйте отриману діаграму за допомогою команди «Copy» меню «Edit». Додайте мережу в звіт.

Оберіть один з вузлів мережі, наприклад, транспортування приватним автомобілем з гілки збірки абощо, і натисніть команду «Show process or product stage and calculation details» . З'явиться вікно оцінки впливу саме обраного вузла.

- Скопіюйте діаграму агрегованої оцінки впливу вузла (збірки/процесу) з дочірньої вкладки «Single score» вкладки «Impact assessment» і додайте в звіт.

**Г.5.3. Аналіз внеску процесів.** Перейдіть на вкладку «Process contribution». У полі «Indicator» оберіть «Single score», полі «Chart of process / product stage» - «Total», активуйте відображення діаграми замість таблиці даних і змініть значення у полі «Node cut-off» вкладки «Process contribution» на більше, так щоб відобразилось 5-8 складників мережі (стовпців діаграми).

- Представте у звіті висновки щодо отриманих оцінок. Скопіюйте діаграму агрегованої оцінки впливу складників життєвого циклу і додайте в звіт.

**Г.6. Обробка та аналіз результатів. Оформлення звіту.** Після виконання завдань необхідно підготувати електронний звіт, який повинен містити роздруківки скріншотів з відповідними поясненнями та висновками (Додаток В).



## Питання для самоперевірки

1. Які виділяють фази ОЖЦ згідно ISO 14040:2006?
2. Які етапи ОВЖЦ є обов'язковими, а які необов'язковими?
3. Для чого використовується функціональна одиниця продукційної системи?
4. Що таке елементарний потік продукційної системи?
5. Яким чином визначити значення індикатору категорії впливу?
6. Яким чином в інтерфейсі SimaPro відображено фази ОЖЦ?
7. Для чого потрібна команда «Network» панелі інструментів SimaPro?
8. У яких випадках використовується команда «Compare» панелі інструментів SimaPro?
9. Які розділи містить провідник ОЖЦ основного вікна застосунку SimaPro?
10. Чим відрізняються процеси і стадії продукту в застосунку SimaPro?
11. Що таке системний процес (система) в застосунку SimaPro?
12. Охарактеризуйте наслідкове і антрибуційне моделювання багатofункціональних процесів.
13. Як у застосунку SimaPro до новостворюваного процесу або виробничого етапу додати певні викиди в атмосферне повітря?
14. Що характеризує параметр «Allocation» у діалоговому вікні характеристик процесу застосунку SimaPro у випадку наявності кількох продуктів або побічних продуктів?
15. Чим відрізняються сценарії видалення і поводження з відходами в застосунку SimaPro?
16. Яким чином під час створення сценарію поводження з відходами вказати тип відходів для процесу поводження з відходами в застосунку SimaPro?
17. Які типи продукційних стадій можна створити у застосунку SimaPro?
18. Охарактеризуйте таку продукційну стадію у застосунку SimaPro як життєвий цикл продукту.



19. Що таке розбірка у застосунку SimaPro?
20. Чи можна переглянути результати інвентаризаційного аналізу в застосунку SimaPro у вигляді діаграми, а не таблиці даних?
21. Які дочірні вкладки присутні на вкладці оцінки впливу вікна результатів оцінки життєвого циклу в застосунку SimaPro?
22. Чи доступна дочірня вкладка «Single score» вкладки оцінки впливу вікна результатів оцінки життєвого циклу для будь-якого з методів оцінки впливу представлених у SimaPro?
23. Яким чином у застосунку SimaPro переглянути результати оцінки впливу окремого складника збірки користуючись деревом життєвого циклу продукційної системи?
24. Як у застосунку SimaPro переглянути порівняльну оцінку впливу складників життєвого циклу користуючись вкладкою «Process contribution» діалогового вікна аналізу життєвого циклу продукційної системи?

### **Рекомендована література**

Goedkoop, M. & Oele, M. & Leijting, J. & Ponsioen, T. & Meijer, E., 2016, Introduction to LCA with SimaPro, PRé, URL: <https://www.pre-sustainability.com/legacy/download/SimaPro8IntroductionToLCA.pdf>

На шляху зеленої модернізації економіки: модель сталого споживання та виробництва : дов. / С.В. Берзіна та ін. К.: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 138 с. (URL: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/23607/1/Na-shlyahu-modernizatsii-2017.pdf>)

Системи екологічного управління: сучасні тенденції та міжнародні стандарти. Посібник / С.В. Берзіна, І.І. Яреськовська та ін. К: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 134 с. (URL: <https://www.ecolabel.org.ua/images/page/2018-04-02-01.pdf>)

## Додаткова література

Environmental life cycle assessment / Jolliet O. & Saadé-Sbeih M. & Shaked S. & Jolliet A. & Crettaz P. CRC Press, 2016. 330 p.

Goedkoop, M. & Oele, M. & Vieira, M. & Leijting, J. & Ponsioen, T. & Meijer, E., 2016, SimaPro Tutorial, PRé, URL: <https://www.pre-sustainability.com/legacy/download/SimaPro8Tutorial.pdf>

Life Cycle Assessment Handbook. A Guide for Environmentally Sustainable Products / Curran M. A. (ed.). John Wiley & Sons, Inc. & Scrivener Publishing LLC. 2012. 611 p.

Life Cycle Assessment. Theory and Practice / Hauschild M. Z. & Rosenbaum R. K. & Irving O. S. (eds.). Springer. 2018. 1216 p. (URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-56475-3.pdf>)

Основні засади впровадження моделі «зеленої» економіки в Україні : навч. посіб. / Т.П. Галушкіна, Л.А. Мусіна, В.Г. Потапенко та ін. ; за наук. ред. Т.П. Галушкіної. К. : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 154 с. (URL: <http://www.dea.edu.ua/img/source/Book/1.pdf>)

Цибка, М. М. Ресурсоефективне та чисте виробництво [Електронний ресурс] : навч. посібник / М. М. Цибка, К. О. Романова, А. В. Ворфоломеев. Київ, 2018. 84 с. (URL: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/22904/1/RECP-Study-Book-2017.pdf>)

## Веб-ресурси

E-Learning Module Kit «Introduction to Life Cycle Thinking» / The Life Cycle Initiative. URL: <https://www.learnlifecycle.com/courses/lct>

The Life Cycle Initiative. URL: <https://www.lifecycleinitiative.org>

*Додаток А. Чинні національні стандарти у сфері ОЖЦ,  
які відповідають чинним міжнародним стандартам*

- ДСТУ ISO 14040:2013 Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура (ISO 14040:2006, IDT<sup>11</sup>)
- ДСТУ ISO 14044:2013 Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Вимоги та настанови (ISO 14044:2006, IDT)
- ДСТУ ISO 14045:2016 Екологічне управління. Оцінювання екологічної ефективності продуктивних систем. Принципи, вимоги та настанови (ISO 14045:2012, IDT)
- ДСТУ ISO 14046:2018 Екологічне управління. Водний слід. Принципи, вимоги та настанови (ISO 14046:2014, IDT)
- ДСТУ ISO/TR 14047:2016 Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Приклади застосування ISO 14044 до ситуацій оцінювання впливу життєвого циклу (ISO/TR 14047:2012, IDT)
- ДСТУ ISO/TR 14049:2016 Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Ілюстративні приклади застосування ISO 14044 для визначення цілі, сфери застосування та інвентаризаційного аналізування (ISO/TR 14049:2012, IDT)
- ДСТУ ISO 14050:2016 Екологічне управління. Словник термінів (ISO 14050:2009, IDT)
- ДСТУ ISO 14067:20\_\_<sup>12</sup> Парникові гази. Вуглецевий слід продукту. Вимоги та настанови для кількісного визначення (ISO 14067:2018, MOD<sup>13</sup>)
- ДСТУ ISO/TS 14071:2018 Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Процес критичного аналізування та компетентність рецензента: додаткові вимоги та настанови до ISO 14044:2006 (ISO/TS 14071:2014, IDT)
- ДСТУ ISO/TS 14072:2018 Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Вимоги та настанови щодо оцінювання життєвого циклу організації (ISO/TS 14072:2014, IDT)
- ДСТУ ISO/TR 14073:2018 Екологічне управління. Водний слід. Ілюстративні приклади застосування ISO 14046 (ISO/TR 14073:2017, IDT)

---

<sup>11</sup> ступінь відповідності – ідентичний

<sup>12</sup> проект

<sup>13</sup> ступінь відповідності – модифікований

**Індивідуальні варіанти завдань до п. А.3.2:**

- Варіант 01, 16 – Processes – Material – Chemicals – Inorganic – Market
- Варіант 02, 17 – Processes – Material – Agricultural – Food – Market
- Варіант 03, 18 – Processes – Material – Construction – Paints – Market
- Варіант 04, 19 – Processes – Material – Construction – Ventilation – Market
- Варіант 05, 20 – Processes – Material – Electronics – Devices – Market
- Варіант 06, 21 – Processes – Material – Food – Sugar – Market
- Варіант 07, 22 – Processes – Material – Fuels – Diesel – Market
- Варіант 08, 23 – Processes – Material – Metals – Extraction – Market
- Варіант 09, 24 – Processes – Material – Minerals – Market
- Варіант 10, 25 – Processes – Material – Paper and Board – Board – Market
- Варіант 11, 26 – Processes – Material – Water – Drinking water – Market
- Варіант 12, 27 – Processes – Energy – Cogeneration – Coal – Transformation
- Варіант 13, 28 – Processes – Transport – Rail – Market
- Варіант 14, 29 – Processes – Processing – Agricultural – Market
- Варіант 15, 30 – Processes – Use – Computer & Networks – Market

**Індивідуальні варіанти завдань до п. А.3.3:**

- Варіант 01, 16 – Characterization – Global warming, Human health
- Варіант 02, 17 – Characterization – Stratospheric ozone depletion
- Варіант 03, 18 – Characterization – Human non-carcinogenic toxicity
- Варіант 04, 19 – Characterization – Ozone formation, Human health
- Варіант 05, 20 – Characterization – Fine particulate matter formation
- Варіант 06, 21 – Characterization – Ionising radiation
- Варіант 07, 22 – Characterization – Global warming, Terrestrial ecosystems
- Варіант 08, 23 – Characterization – Terrestrial acidification
- Варіант 09, 24 – Characterization – Freshwater eutrophication
- Варіант 10, 25 – Characterization – Terrestrial ecotoxicity
- Варіант 11, 26 – Characterization – Freshwater ecotoxicity
- Варіант 12, 27 – Characterization – Marine ecotoxicity
- Варіант 13, 28 – Characterization – Land use
- Варіант 14, 29 – Characterization – Water consumption, Terrestrial ecosystems
- Варіант 15, 30 – Characterization – Mineral resource scarcity

*Якщо замість методу ReCiPe 2016 Endpoint (H) вказати ILCD 2011 Midpoint+ з гілки «European» (за вибором студента), варіанти такі:*

- Варіант 01, 16 – Characterization – Climate change (Human Health)
- Варіант 02, 17 – Characterization – Ozone depletion
- Варіант 03, 18 – Characterization – Human toxicity
- Варіант 04, 19 – Characterization – Photochemical oxidant formation
- Варіант 05, 20 – Characterization – Particulate matter formation
- Варіант 06, 21 – Characterization – Ionising radiation
- Варіант 07, 22 – Characterization – Climate change (Ecosystems)
- Варіант 08, 23 – Characterization – Terrestrial acidification
- Варіант 09, 24 – Characterization – Freshwater eutrophication
- Варіант 10, 25 – Characterization – Terrestrial ecotoxicity
- Варіант 11, 26 – Characterization – Freshwater ecotoxicity
- Варіант 12, 27 – Characterization – Marine ecotoxicity
- Варіант 13, 28 – Characterization – Agricultural land occupation
- Варіант 14, 29 – Characterization – Urban land occupation
- Варіант 15, 30 – Characterization – Natural land transformation

**Індивідуальні варіанти завдань до п. Б.2:**

Варіант 01,  $16 - x = 20,0$   
Варіант 02,  $17 - x = 20,5$   
Варіант 03,  $18 - x = 21,0$   
Варіант 04,  $19 - x = 21,5$   
Варіант 05,  $20 - x = 22,0$   
Варіант 06,  $21 - x = 22,5$   
Варіант 07,  $22 - x = 23,0$   
Варіант 08,  $23 - x = 23,5$

Варіант 09,  $24 - x = 24,0$   
Варіант 10,  $25 - x = 24,5$   
Варіант 11,  $26 - x = 25,5$   
Варіант 12,  $27 - x = 26,0$   
Варіант 13,  $28 - x = 26,5$   
Варіант 14,  $29 - x = 27,0$   
Варіант 15,  $30 - x = 27,5$

**Індивідуальні варіанти завдань до п. Б.3:**

Варіант 01,  $16 - y_1 = 45 \%$ ,  $y_2 = 45 \%$   
Варіант 02,  $17 - y_1 = 46 \%$ ,  $y_2 = 44 \%$   
Варіант 03,  $18 - y_1 = 47 \%$ ,  $y_2 = 43 \%$   
Варіант 04,  $19 - y_1 = 48 \%$ ,  $y_2 = 42 \%$   
Варіант 05,  $20 - y_1 = 49 \%$ ,  $y_2 = 41 \%$   
Варіант 06,  $21 - y_1 = 51 \%$ ,  $y_2 = 39 \%$   
Варіант 07,  $22 - y_1 = 52 \%$ ,  $y_2 = 38 \%$   
Варіант 08,  $23 - y_1 = 53 \%$ ,  $y_2 = 37 \%$

Варіант 09,  $24 - y_1 = 54 \%$ ,  $y_2 = 36 \%$   
Варіант 10,  $25 - y_1 = 55 \%$ ,  $y_2 = 35 \%$   
Варіант 11,  $26 - y_1 = 56 \%$ ,  $y_2 = 34 \%$   
Варіант 12,  $27 - y_1 = 57 \%$ ,  $y_2 = 33 \%$   
Варіант 13,  $28 - y_1 = 58 \%$ ,  $y_2 = 32 \%$   
Варіант 14,  $29 - y_1 = 59 \%$ ,  $y_2 = 31 \%$   
Варіант 15,  $30 - y_1 = 60 \%$ ,  $y_2 = 30 \%$

**Індивідуальні варіанти завдань до п. Г.2:**

Варіант 01,  $16 - x = 150$   
Варіант 02,  $17 - x = 155$   
Варіант 03,  $18 - x = 160$   
Варіант 04,  $19 - x = 165$   
Варіант 05,  $20 - x = 170$   
Варіант 06,  $21 - x = 175$   
Варіант 07,  $22 - x = 180$   
Варіант 08,  $23 - x = 185$

Варіант 09,  $24 - x = 190$   
Варіант 10,  $25 - x = 195$   
Варіант 11,  $26 - x = 200$   
Варіант 12,  $27 - x = 205$   
Варіант 13,  $28 - x = 210$   
Варіант 14,  $29 - x = 215$   
Варіант 15,  $30 - x = 220$

*Додаток В. Вимоги до оформлення звіту з виконання завдань СРС*

Звіт повинен містити титульний аркуш, хід виконання завдань та висновки.

Звіт оформлюється на аркушах формату А4 шрифтом Times New Roman 14 розміру (інтервал абзаців – одинарний (1,0) або полуторний (1,5), вирівнювання – за шириною, поля сторінок: ліве, верхнє, нижнє – 20 мм, праве – 10 мм).

Кожну структурну частину звіту потрібно починати з нової сторінки. Першою сторінкою звіту є титульний аркуш (Додаток Г), який включають до загальної нумерації сторінок, але номер сторінки не ставлять. На наступних сторінках номер проставляють у верхньому правому куті.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
**ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів**

Звіт

з виконання завдань для самостійної роботи в застосунку SimaPro

**«Оцінювання життєвого циклу продукційних систем»**  
з кредитного модуля «Основи інженерії та технології сталого розвитку»

Опція А <sup>14</sup>

Опція Б

Опція В

Опція Г

Виконав(ла)  
студент(ка) гр. **ХА-01**  
**Гончаренко М.І.**

Прийняв(ла): \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

Підпис: \_\_\_\_\_

Київ 2020