

А.О. ХРУЦЬКИЙ, канд. техн. наук, доц., Ю.Г. ГОРБАЧОВ, канд. техн. наук, проф.,  
А.С. ГРОМАДСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф., В.А. ГРОМАДСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц.,  
О.С. ЛІФЕНЦОВ, ст. викл.

Криворізький національний університет

## МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРНИХ СТЕНДІВ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ З ГАЛУЗЕВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

**Мета.** Розробка методики формування лабораторних робіт з використанням віртуальних засобів навчання та стендів в освітніх середовищах для студентів-механіків.

**Методи дослідження.** У роботі використано аналіз та узагальнення досвіду відомих досліджень та розробок з впровадження віртуальних лабораторних практикумів у навчальний процес.

**Наукова новизна.** Розглянуто можливості застосування у навчальному процесі віртуальних лабораторних стендів, особливості їх реалізації, основні переваги та недоліки. Виокремлено наступні типи лабораторних робіт та відповідних віртуальних стендів, що можуть використовуватися у цих роботах: лабораторні роботи репродуктивного характеру, присвячені вивченню конструкції вузлів обладнання, використовують тверdotільні моделі вузлів гірничих машин, розміщені на веб-сторінці з можливістю їх певного аналізу; лабораторні роботи частково пошукового характеру, які мають більший ухил у бік дослідження процесів, що протікають під час роботи гірничих машин, використовують імітаційні віртуальні стенди, що моделюють робочі процеси гірничих машин, що дозволяють здійснити експериментальну перевірку формул, методик розрахунку, встановлення та підтвердження закономірностей, встановлення властивостей речовин, спостереження розвитку явищ або процесів, визначення оптимальних параметрів робочих процесів за заданими вихідними даними тощо; лабораторні роботи пошукового характеру, що також використовують імітаційні віртуальні стенди, за допомогою яких здобувачі проводять дослідження та знаходять залежності між вхідними та вихідними параметрами модельованого процесу. Визначено можливі шляхи реалізації таких віртуальних стендів.

**Практична значимість.** Наведено загальну схему створення віртуальних лабораторних практикумів, згідно з якою об'єкти навчання (машини, що розглядаються у межах певної спеціальності) з точки зору навчання може бути представлені у вигляді опису конструкції, тверdotільної та математичної моделі. Грунтуючись на цих описах, тверdotільних та математичних моделях розробляються віртуальні лабораторні стенди, що можуть бути використані у лабораторних роботах під час вивчення різноманітних дисциплін. Розроблено послідовність підготовки лабораторних робіт з використанням віртуального стенду.

**Результати.** Розроблено методику формування віртуальних лабораторних практикумів для студентів-механіків. Досліджено засоби реалізації віртуальних лабораторних робіт репродуктивного, частково пошукового та пошукового характеру. У подальшому планується проведення досліджень щодо реалізації окремих віртуальних лабораторних стендів для інженерних дисциплін.

**Ключові слова:** лабораторні роботи, віртуальний лабораторний стенд, ефективність освітнього процесу, віртуальний тренажер, самостійне навчання, дистанційне навчання.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-70-76

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Поширення використання електронних засобів навчання у ЗВО України вимагає певної зміни форм реалізації навчально-методичного забезпечення навчального процесу при підготовці інженерів-механіків, особливо при дистанційній формі навчання, що останнім часом стала домінуючою.

Принциповою відмінністю нового підходу до отримання освіти є суттєве збільшення обсягів самостійного навчання здобувачів, висока варіативність процесу, що визначається вимогами тих чи інших роботодавців, його різноманітність, яка дозволяє розвивати індивідуальні здібності здобувачів та формувати творчу, активну особистість.

Слід відмітити нагальну необхідність забезпечення наступності навчання на трьох рівнях освіти. Так на першому (бакалаврському) рівні здійснюється підготовка для сприйняття базових інженерних умінь та навичок, на другому (магістерському) рівні розширюються інженерні знання та додаються науково-дослідницькі компоненти і на третьому (доктор філософії) рівні вищої освіти основний упор робиться на наукові дослідження.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Як відомо з [2, 4, 5], основними задачами виконання здобувачами лабораторних робіт є:

систематизація, поглиблення, узагальнення та закріплення отриманих теоретичних знань з дисциплін;

формування умінь застосовування набутих теоретичних знань на практиці;

реалізація єдності інтелектуальної та практичної діяльності;  
розвиток аналітичних, проєктувальних, конструкторських та інших інтелектуальних умінь;  
розвиток самостійності, відповідальності, точності, творчої ініціативи.

Основними дидактичними цілями лабораторних робіт є експериментальне підтвердження та перевірка розглянутих теоретичних положень (законів, залежностей) та формування практичних професійних умінь: таких, як виконання певних дій, операцій, необхідних в подальшому у професійній діяльності або таких, як розв'язання завдань (з вищої математики, теоретичної механіки, опору матеріалів тощо), необхідних у подальшій навчальній діяльності. Поряд із формуванням умінь і навичок у процесі виконання лабораторних робіт узагальнюються, систематизуються, поглиблюються та конкретизуються теоретичні знання, виробляється здатність та готовність використовувати теоретичні знання на практиці, розвиваються інтелектуальні вміння. Разом з основною дидактичною метою у ході виконання завдань у здобувачів формуються практичні вміння та навички поводження з різними приладами, установками, лабораторним обладнанням, апаратурою, а також дослідницькі вміння (аналізувати, встановлювати залежності, робити висновки та узагальнення, самостійно проводити дослідження, оформляти результати).

Необхідними структурними елементами лабораторної роботи, крім самостійної діяльності здобувачів, є попередня перевірка їх теоретичної готовності до виконання завдань, а також аналіз та оцінка виконаних робіт та ступеня оволодіння здобувачами запланованими вміннями.

При застосуванні електронного навчання на лабораторних заняттях може використовуватися як фронтальна форма організації занять, коли усі здобувачі виконують одночасно одну й ту саму роботу, так й індивідуальна форма, при якій кожен здобувач виконує індивідуальне завдання.

У роботах [2, 3] запропоновано наступні принципи конструювання лабораторного практикуму:

у практикумі повинні бути представлені усі види лабораторних робіт, до яких відносяться роботи зі спостереження та вивчення явищ, процесів, станів; одержання числових значень певних величин, дослідження причинно-наслідкових зв'язків, вивчення приладів;

роботами практикуму або завданнями, що включені до цих робіт, повинні бути охоплені усі основні питання курсу;

роботи практикуму мають бути тісно пов'язані з теоретичним курсом дисципліни, закріплювати та розвивати отримані раніше знання, тобто в основі лабораторного практикуму потрібно покласти сюжети, що розглядаються в теоретичній частині навчальної дисципліни;

повинна бути передбачена можливість створення для кожного здобувача індивідуального змісту практикуму, тобто здобувач за необхідності може виконувати на одних і тих же лабораторних установках, в одній і тій самій логіці різні експериментальні завдання, при цьому оптимальним варіантом реалізації практикуму є такий варіант, коли усі лабораторні роботи будуть виконуватися з використанням конструктора та за інструкціями проблемно-програмованого характеру;

до одного сюжету можуть бути написані альтернативні інструкції, в яких повністю або майже повністю співпадатимуть якісний і математичний опис процесу, особливості експериментальної установки, що дозволить забезпечити вирішення тих самих теоретичних завдань курсу даної дисципліни, у багатьох випадках зблизити рівень складності робіт, а відмінність цілей і завдань дасть можливість розвести практичну діяльність учнів під час виконання робіт і індивідуалізувати її;

інструкції до робіт мають містити усю інформацію, необхідну для виконання експериментальних завдань, у той же час ці інструкції повинні складатися з незалежних блоків, які за необхідності можна було б виключати з них;

Як зазначають автори робіт [2, 3], незалежними блоками інструкцій можуть бути такі: тема роботи; мета роботи; ідея роботи; якісний опис процесу дослідження; математичний опис процесу дослідження; особливості експерименту та експериментальної установки; завдання щодо виконання роботи з формою звітності.

У статті [6] наведено цікавий досвід створення та впровадження лабораторних стендів у навчальний процес. Для моделювання лабораторії, обладнання та матеріалів автори використовують програмне забезпечення для 3D-моделювання з відкритим кодом. Потім вони створюють взаємодії та анімацію лабораторії в Unity 3D, що є кросплатформним 3D-движком. Під час

розробки таких додатків запрошуються фахівці, які мають знання в певній галузі та розробляються сценарії, за якими здобувачі будуть взаємодіяти з віртуальним обладнанням.

У статті [9] автори підкреслюють життєво важливу роль лабораторних занять у розвитку здобувачів. Окрім ознайомлення з основними поняттями і принципами, лабораторні роботи допомагають здобувачам розвинути фундаментальні професійні навички, такі як закріплення теоретичних знань, розв'язання проблем, ідентифікація несправностей тощо. Віртуальні лабораторії стають дуже популярними в інженерній та науковій освіті, оскільки використання реального лабораторного обладнання може бути обмеженим багатьма факторами, наприклад, вартістю обладнання, часом, необхідним для проходження стажування, та інфраструктурою.

У статтях [12, 16] автори роблять висновок, що віртуальна лабораторія виконана у вигляді мобільної гри, застосована у навчальному процесі і дає змогу підвищити вмотивованість здобувачів та покращити якість навчання.

У статті [7] наведено статистичні дані, що доводять позитивний результат впровадження у навчальний процес віртуальних лабораторій.

Загалом багато світових ЗВО уже використовує спеціалізовані платформи із віртуальними лабораторіями з різних галузей знань (див. наприклад [11, 15]). А на сторінці [13] наведено список популярних сайтів, на яких розміщено добірки безкоштовних віртуальних лабораторних стендів, згрупованих за різними галузями науки.

**Постановка задачі.** Метою статті є розробка методики формування лабораторних робіт з використанням віртуальних засобів навчання та стендів в освітніх середовищах для студентів-механіків.

**Викладення матеріалу та результати досліджень.** При плануванні лабораторних робіт необхідно знаходити оптимальне співвідношення репродуктивних, частково пошукових та пошукових робіт, щоби забезпечити високий рівень інтелектуальної діяльності. Спираючись на результати проведеного аналізу та матеріал, наведений у [2-5], освітні елементи, які можуть бути застосовані залежно від рівня навчання, можна поділити наступним чином:

на першому (бакалаврському) рівні, де здійснюється підготовка до сприйняття базових інженерних умінь та навичок, використовуються лабораторні роботи репродуктивного характеру, присвячені в основному вивченню конструкцій вузлів гірничого обладнання. При цьому здобувачі користуються докладними інструкціями, в яких зазначаються мета роботи, надаються пояснення (теорію, основні характеристики), описуються обладнання, апаратура, матеріали та їх характеристики, приводяться порядок виконання роботи, таблиці, висновки (без формулювання), контрольні питання, навчальна та спеціальна література;

на другому (магістерському) рівні, на якому розширюються інженерні знання та додаються науково-дослідницькі елементи, використовуються лабораторні роботи частково пошукового характеру, які мають більший ухил у бік дослідження процесів, що протікають під час роботи гірничих машин. При цьому здобувачі не користуються докладними інструкціями, їм не надається порядок виконання необхідних дій. Від них вимагається самостійний підбір параметрів чи обладнання, вибір способів виконання роботи за допомогою інструктивної та довідкової літератури;

на третьому (доктор філософії) рівні вищої освіти, де основний упор робиться на наукові дослідження, використовуються лабораторні роботи пошукового характеру, що представляють собою мініатюрні наукові дослідження, під час яких здобувачі повинні вирішити нову проблему, спираючись на наявні теоретичні знання.

Наведений поділ є дещо умовним, оскільки перелічені типи лабораторних робіт можуть використовуватися на усіх рівнях навчання.

Додатково у ході віртуальних лабораторних робіт передбачається можливість застосування допоміжних онлайн CAD засобів таких, як, наприклад, SmartDraw (рис. 1) [14], що дозволяють будувати схеми, графіки тощо. Такі засоби можуть значно підвищити якість підготовки звітів з лабораторних робіт.

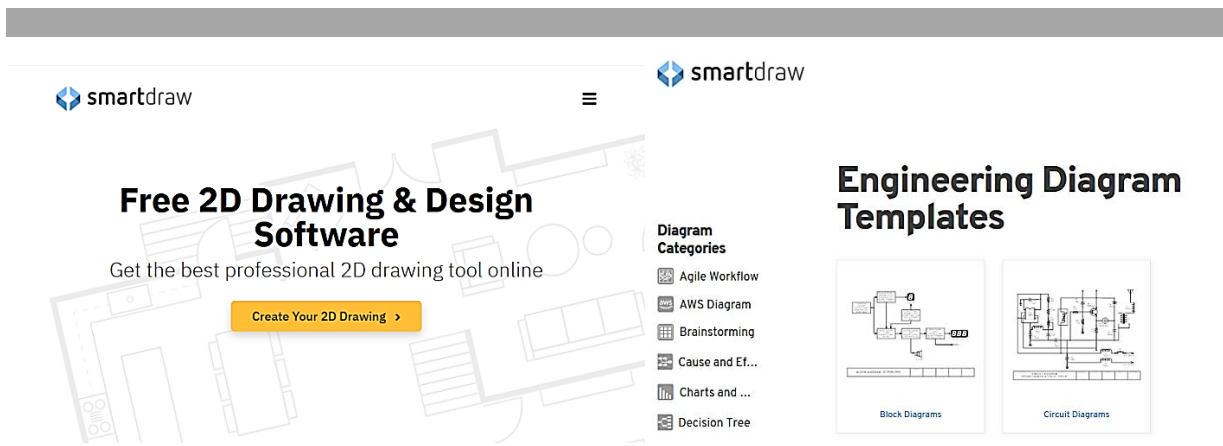


Рис. 1. Онлайн CAD середовище SmartDraw [14]

Розглянемо можливу реалізацію віртуальних лабораторних робіт репродуктивного, частково пошукового та пошукового характерів.

Вивчення конструкцій вузлів гірничих машин в онлайн режимі (лабораторні роботи репродуктивного характеру) пов'язано із розміщенням твердотільних моделей вузлів гірничих машин на веб-сторінці з можливістю їх певного аналізу. Така можливість реалізована у додатку eDrawings [8], що дозволяє віртуалізувати твердотільні моделі та створювати веб-інтерфейс для їх перегляду і аналізу у браузері (рис. 2). Цей інтерфейс дозволяє аналізувати конструкцію як усього вузла, так і його окремих деталей, проводити їх вимірювання, розкласти/складати вузол тощо.

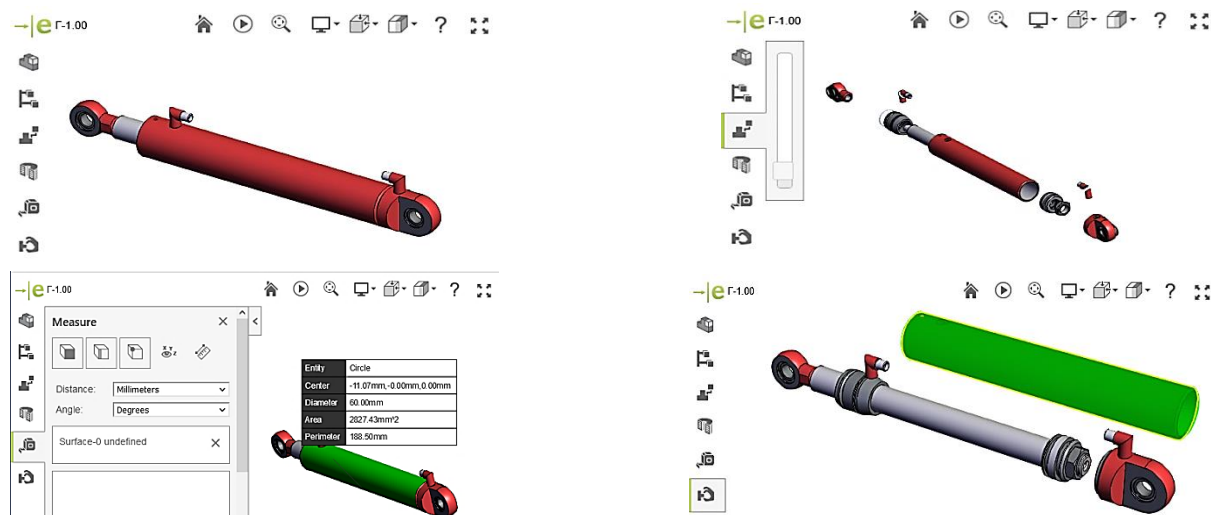


Рис. 2. Веб-інтерфейс eDrawing для роботи з твердотільними моделями у браузері

Такі віртуальні твердотільні моделі вузлів можуть бути використані під час вивчення освітніх компонентів, пов'язаних як з ознайомленням з особливостями конструкції, так і з організацією процесів виготовлення, експлуатації та утилізації гірничих машин.

Наступний вид стендів - це імітаційні стенди, що моделюють робочі процеси гірничих машин (лабораторні роботи частково пошукового характеру). Змістом таких лабораторних робіт можуть бути експериментальна перевірка формул, методик розрахунку, встановлення та підтвердження закономірностей, ознайомлення з методиками проведення експериментів, встановлення властивостей речовин, їх якісних та кількісних характеристик, спостереження розвитку явищ або процесів, визначення оптимальних параметрів робочих процесів за заданими вихідними даними тощо. Прикладом може бути лабораторна робота, в якій потрібно підібрати тиск у технологічному трубопроводі. Тиск змінюється за допомогою рукоятки керування. Для контролю за тиском встановлено манометри. При досягненні мінімального або максимального тиску запалюються відповідні індикаторні лампочки сигнального табло (рис. 3). Інший приклад – симулятор роботи гідравлічної мережі (рис. 4) [10], де потрібно отримати певні параметри руху виконавчого обладнання, такого як гідроциліндри або гідродвигуни, задаючись характеристиками насосів та інших елементів гідравлічної мережі.

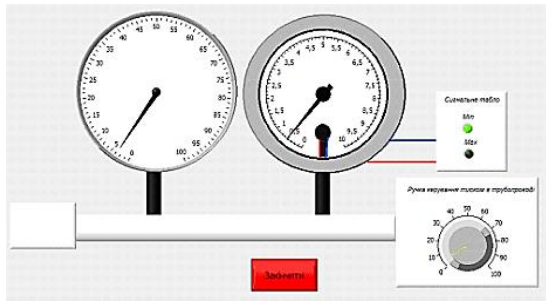


Рис. 3. Зовнішній вид макета лабораторного стенда [3]

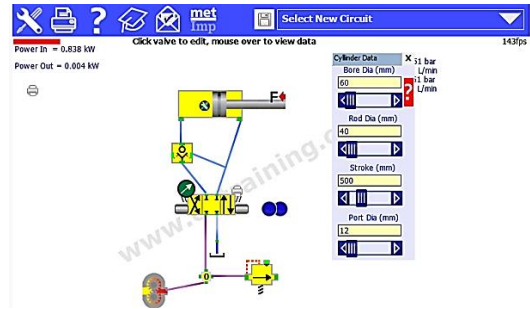


Рис. 4. Онлайн симулятор гідравлічної мережі [10]

Лабораторні роботи пошукового характеру використовують лабораторні стенди для визначення невідомих залежностей. Здобувач повинен знайти залежність між вхідними та вихідними параметрами процесу, при цьому визначення характеру залежності, планування експерименту та обробка експериментальних даних здійснюється здобувачем самостійно. В якості прикладу можна навести віртуальний стенд з математичними лінійними та нелінійними моделями (рис. 5) [1].



Рис. 5. Віртуальний лабораторний стенд до лабораторної роботи з дисципліни «Методи планування та проведення наукових досліджень гірничого устаткування» [1]

Головними питаннями створення віртуальних стендів для пошукових лабораторних робіт є розробка математичної моделі досліджуваного процесу та її програмна реалізація у вигляді віртуального стенду.

Якщо для створення математичних моделей робочих процесів гірничих машин достатньо інформації у літературних джерелах, то якісна програмна реалізація такої моделі, як віртуальний стенд, потребує значно більших зусиль. Фактично такий стенд може працювати як тест з потужними візуальними компонентами або як комп'ютерна гра.

Загальну схему створення віртуальних лабораторних практикумів можна представити у наступному вигляді (рис. 6). При навчанні здобувачів за певною спеціальністю розглядається низка машин (об'єктів навчання). Кожен з таких об'єктів з точки зору навчання може бути представлений у вигляді опису конструкції, твердотільної та математичної моделей. Базуючись на опису твердотільних та математичних моделей можна розробляти віртуальні лабораторні стенди, що можуть бути використані у лабораторних роботах під час вивчення різноманітних дисциплін.

На рис. 7 наведено блок-схему підготовки лабораторної роботи з використанням віртуального стенду.



Рис. 6. Схема використання віртуальних стендів у навчальному процесі



Рис. 7. Блок-схема підготовки лабораторної роботи з використанням віртуального стенду

Слід відзначити два можливих шляхи реалізації віртуального стенду:  
за допомогою спеціальних додатків з розробки курсів дистанційного навчання, а саме: Adobe Captivate, Articulate Storyline, iSpring та ін.;

у вигляді окремих додатків, розроблених на основі мов програмування на мовах HTML5, CSS, Python, PHP, Unity тощо.

У першому випадку для розробників знання мов програмування не потрібні. Фактично робота у таких потужних середовищах спрямована здебільшого на розробку сценаріїв дій здобувачів. Але інструментарій для цього дещо обмежений можливостями самого середовища. В якості прикладу віртуального стенду, розробленого у подібному середовищі, можна навести стенд, зображений на рис. 5.

З іншого боку, створення віртуальних стендів у вигляді окремих додатків за допомогою мов програмування має необмежений інструментарій, хоча і є більш складним процесом.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Розроблено методика формування віртуальних лабораторних практикумів для студентів-механіків. Досліджено засоби реалізації віртуальних лабораторних робіт репродуктивного, частково пошукового та пошукового характеру.

У подальшому планується проведення досліджень щодо реалізації окремих віртуальних лабораторних стендів для інженерних дисциплін.

### *Список літератури*

1. **Горбачов Ю.Г.** Дослідження шляхів реалізації віртуального лабораторного практикуму при підготовці фахівців з галузевого машинобудування / А.О. Хруцький, В.А. Громадський, Вік.А. Громадський, Ю.І. Чумак // Вісник Криворізького національного університету : зб. наук. праць. – Кривий Ріг, 2021. – Вип. 53. – С. 90–96
2. Положення про організацію освітнього процесу в Криворізькому національному університеті.-Кривий Ріг: КНУ, 2020.-66 с.
3. **Прудка О.В.** Розробка віртуальних стендів на базі NI LabView для використання у дистанційному навчанні // «Штучний інтелект», 2008 .-№4.-С.493-499
4. **Скаткин М.Н.** Проблемы современной дидактики. -М.: Педагогика., 1980.– 96 с.
5. **Унт И.Э.** Индивидуализация и дифференциация обучения. -М.: Педагогика, 1990.-192 с.
6. **Adeleke Oyebisi.** How I built a virtual lab for schools. URL: <https://www.britishcouncil.org/voices-magazine/virtual-lab-schools>
7. **Asma Abdulrahman Nami Alshaikh.** The Reality of Using Virtual Labs in Teaching Advanced Biology Curricula in Developing Higher-Order Thinking Skills (HOTS) among Female Teachers at Secondary Level in Al-Kharj // Education Research International , July 2022
8. eDrawings Help. URL: [https://help.solidworks.com/2019/english/eDrawings/c\\_welcome\\_to\\_edrawings\\_help.htm](https://help.solidworks.com/2019/english/eDrawings/c_welcome_to_edrawings_help.htm)
9. **Genisson Silva Coutinho, Luis F. Morán-Mirabal.** Virtual Laboratories and their Contribution to the Future of Education. October 24, 2022 By URL: <https://observatory.tec.mx/edu-bits-2/virtual-labs-contribution-to-the-future-of-education/>
10. Hydraulic circuit simulator. URL: <https://www.e4training.com/simulate/simulate1.php>
11. Labster. Virtual science simulations. URL: <https://www.labster.com/>
12. **Pramono S.E., Prajanti S.D.W, Wandah Wibawanto.** Virtual Laboratory for Elementary Students // Journal of Physics Conference Series November, 2019.- 1387(1):012113
13. Secondary Science Virtual Labs. URL: <https://sciencelessonsthatrock.com/secondary-science-virtual-labs-html/>
14. Smartdraw. URL: <https://www.smartdraw.com/cad/2d-drawing-software.htm>
15. Virtual Labs. URL: <https://www.vlab.co.in>
16. Virtual laboratory based game learning: how to develop the game for science learning? // Suyanta, Insih Wiludjeng, Jumadi, Anggi Ristiyana Puspita Sari, Sri Rejeki Dwi Astuti. Conference: 8th International Conference on Educational Research and Innovation, July 2021