

Литвинова Світлана Григорівна, доктор педагогічних наук, старший науковий співробітник, заступник директора з наукової роботи, Інститут цифровізації освіти НАПН України, 04060 Київ, вул. М. Берлінського, 9, т. (044) 453-90-51, e-mail: s.h.lytvynova@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-5450-6635>

ГОТОВНІСТЬ УЧНІВ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Анотація. Сучасні цифрові технології дають можливість підвищити якість освіти в закладах загальної середньої освіти (ЗЗСО), зокрема з використанням контенту і засобів віртуальної реальності. У статті описано основні складники, що характеризують віртуальну реальність (занурення, взаємодія, залучення), визначено ключові напрями досліджень віртуальної реальності (VR) в галузі освіти, що характерні цій технології, зокрема: розвиток просторової уяви учнів, особливості проведення лабораторних і практичних робіт, які важко або неможливо проводити у традиційних умовах навчання, підвищення якості STEM-освіти, розвиток мультисенсорного навчання. Узагальнено думку вчених щодо ефективності використання VR у досягненні цілей навчання, підвищенні пізнавальної активності учнів та досягнення ефекту занурення в предметну галузь. Встановлено, що в ЗЗСО використовується три типи VR-обладнання: створені спеціально для галузі освіти та мають власну бібліотеку курсів; професійні – з адаптацією до потреб ЗЗСО; бюджетні версії для демонстрації 3D-відео з каналу YouTube. Аналізуючи отримані дані, встановлено, що 88% учнів забезпечені комп'ютерною технікою, 100% – мають доступ до мережі Інтернет, 67% – чули про технологію VR, 72% – мали досвід її використання, зокрема 9% – для навчання, 23% – для розваг. З'ясовано, що учнів готові використати VR на різних уроках – у пріоритеті фізика, інформатика, біологія, географія й історія. Встановлено, що 88% учнів 7-9 класів мають бажання навчатися з використанням VR, а 90% – позитивно ставляться до впровадження такої технології. Додаткового дослідження потребують питання готовності вчителів до таких інновацій, оцінювання якості розробленого освітнього VR-контенту для ЗЗСО та система інтеграції VR в освітню практику.

Ключові слова: віртуальна реальність; VR; готовність до використання віртуальної реальності; учні; якість освітнього контенту; засоби навчання; заклади загальної середньої освіти.

Lytvynova Svitlana Hryhorivna, Doctor of Pedagogical Sciences, Senior Researcher, Deputy Director for Research, Institute for Digitalisation of Education of

the National Academy of Educational Sciences of Ukraine, 04060, Kyiv, str. M. Berlinskogo, 9, Phone: (044) 453-90-51, E-mail: s.h.lytvynova@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-5450-6635>

Abstract. Modern digital technologies make it possible to improve the quality of education in secondary schools, including the use of content and virtual reality tools. The article describes the main components that characterize virtual reality (immersion, interaction, attraction), identifies the key areas of research on virtual reality (VR) in the field of education, characteristic of this technology, in particular: the development of students' spatial imagination, the features of laboratory and practical work, which are difficult or impossible to conduct in traditional learning environments, improve the quality of STEM education, and develop multisensory learning. The opinion of scientists on the effectiveness of using VR in achieving learning goals, increasing the cognitive activity of students, and achieving the effect of immersion in the subject area is summarized. It has been established that three types of VR equipment are used in secondary schools: they are created specifically for the field of education and have their own library of courses; professional - with adaptation to the needs of the secondary schools; budget versions to showcase 3D videos from YouTube channel. Analyzing the data obtained, it was found that 88% of students are provided with computer equipment, 100% have access to the Internet, 67% have heard about VR technology, 72% had experience using it, including 9% for education, 23% for entertainment. It was found that students are ready to use VR in different lessons - physics, computer science, biology, geography, and history are in priority. It was found that 88% of students in grades 7-9 want to study using VR, and 90% are positive about the introduction of such technology. Additional research is needed on the issue of teachers' readiness for such innovations, assessment of the quality of the developed educational VR content for secondary schools, and a system for integrating VR into educational practice.

Keywords: the virtual reality; VR; willingness to use virtual reality; students; quality of educational content; learning tools; secondary schools

Постановка проблеми. Не дивлячись на шок, який перенесла система освіти у 2020 році, спричинений широкомасштабною пандемією Covid-19, довготривалі канікули в період військових операцій на території Української держави, адаптація освітнього процесу в закладах загальної середньої освіти залишається однією із проблем, яка потребує ґрунтовного удосконалення.

Такі традиційні методи, як лекції, що ведуть до формування пасивних, відсторонених учнів [1], нині залишаються основними в системі освіти та адаптованими до дистанційної форми навчання. Як показала практика останніх років, вчителі легко перейшли до проведення лекцій онлайн, використовуючи такі доступні засоби як Google Meet, Skype і Zoom. Водночас, знання отримані учнями у спосіб, що не базується на основі життєвого досвіду, потужної практичної складової, ізольований від контексту, не можуть бути ґрунтовними й актуальними для розвитку особистості та необхідними для його майбутнього.

Нині значна частина учнів – 92% щодня перебувають у мережі Інтернет, грають в ігри, транслюють незабутні враження, публікують фотографії різних подій у [2]. Використання різноманітних гаджетів дозволяє їм отримати власний досвід за яким процес засвоєння стає якіснішим. Створюючи, обмінюючись та беручи участь у технологічному досвіді, учні звикають до нових освітніх середовищ.

Одним із новітніх освітніх середовищ можна вважати віртуальне, а однією із цифрових технологій, що нині стає актуальною в освіті, є віртуальна реальність (VR), яка визначається як *імерсійне, реалістичне, тривимірне середовище, що включає візуальний зворотний зв'язок від руху тіла* [3].

Метою VR є посилення, мотивація і стимулювання навчання та відпрацювання практичних навичок. [4] [5].

Віртуальна реальність характеризується трьома основними складниками, важливими для навчання:

- *занурення*: у користувача виникає реальне відчуття знаходження всередині віртуального світу комп'ютера;
- *взаємодія*: користувач маніпулює віртуальними об'єктами;
- *залучення*: користувач може переміщатися у віртуальному середовищі пасивно або активно [6].

Ефект занурення реалізується за допомогою спеціальних пристроїв: окулярів або шолому віртуальної реальності.

Ефект взаємодії реалізується за допомогою таких додаткових пристроїв, як цифрові рукавички або джойстики.

Ефект залучення відбувається в процесі дослідження віртуального середовища коли користувач може втручатися безпосередньо в результат реалізації програми.

Заклади загальної середньої освіти в межах освітньої субвенції або грантової підтримки почали отримувати засоби віртуальної реальності. Досліджуючи це питання було встановлено, що в закладах освіти наявні три типи окулярів віртуальної реальності, а саме:

I тип: ClassVR, створені спеціально для сфери освіти, мають власну бібліотеку курсів, розроблені IT-спеціалістами в співпраці з вчителями американських шкіл (<https://www.classvr.com/>).

II тип: Oculus Quest 2, професійні окуляри для яких IT-спеціалісти в рамках різних проєктів розробили спеціальні курси й адаптували до системи загальної середньої освіти (<https://www.oculus.com/>).

III тип: бюджетні окуляри, отримані вчителями-новаторами для забезпечення STEM-уроків і за допомогою яких вчителі можуть демонструвати 3D-відео з каналу YouTube.

Не дивлячись на позитивні тенденції оновлення освітнього середовища закладів загальної середньої освіти, різні аспекти, що впливають на якість засвоєння навчального матеріалу, значний освітній потенціал цієї технології проблемними залишаються питання ставлення учнів до VR та готовність включити її у своє навчання [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Галузь VR розвивається швидкими темпами, за прогнозами, обсяг глобального ринку віртуальної реальності зросте до понад 12 мільярдів доларів США до 2024 року. Аналітики припускають, що поліпшення апаратних характеристик засобів VR, таких як використання менших за розміром і більш модних пристроїв, будуть підтримувати широкомасштабне використання VR споживачами в усіх галузях. (<https://www.statista.com>). Очікується, що у сфері освіти для підготовки кадрів охорони здоров'я, робочої сили та виробництва VR стане однією з провідних технологій навчання, а в усьому світі збільшиться кількість як варіантів її використання, так і наукових досліджень щодо її ефективності.

Нині наукові інтереси вчених у дослідженні віртуальної реальності (VR) спрямовані на обґрунтування технологічних, методичних аспектів та ефективності навчання.

Дослідники з Університету Коннектикуту встановили, що VR дозволяє студентам досліджувати 360-градусні та тривимірні (3D) світи [8].

Для цього VR активується за допомогою спеціального програмного забезпечення, мобільного телефону та окулярів віртуальної реальності.

Вчені вважають, що найважливішим потенційним внеском VR в освітній процес є розвиток просторового уявлення учнів, [9] і унікальне відчуття присутності, участі в процесах, що відбуваються [10]. Вони наголошують на важливості використання VR під час проведення експериментів, які важко або неможливо проводити у традиційних умовах навчання [11].

Учені з Лондонського Міського університету (City, University of London), Малайзійського Інституту уявлення (The Imagineering Institute) та Португальського Вищого технічного інституту (Instituto Superior Técnico) довели ефективність використання VR в реалізації методу мультисенсорного навчання. Вони зазначили, що з використанням VR підтримується навчання з високою залученістю, мотивацією, інтересом та можливістю різних стилів навчання [12].

Аспект дидактичного потенціалу новітньої технології розкрито в роботі [13]. Автором розглядається віртуальна реальність як більш потужне та корисне середовище навчання, в якому використовуються як нові технології, так і нові критерії оцінювання навчання. Дослідниця пропонує та обґрунтовує методику векторного моделювання віртуальної реальності для застосування в різних видах самоосвіти.

Вітчизняні вчені вважають, що VR буде ефективною, як технологія навчання окремих предметів [14], [15]. Це особливо важливо під час вивчення предметів з обмеженими ресурсами. Автори встановили, що комп'ютерне моделювання об'єктів і процесів живої й неживої природи позитивно впливає на опанування основами VR [16]. Такий підхід підвищує ефективність навчання, сприяє розвитку просторового мислення студентів, підвищує темпи розвитку цифрової та предметних компетентностей. Про VR, як засіб формування різних компетентностей обґрунтовано в працях [17], [18].

Зазначимо, що в закладах загальної середньої освіти України, в рамках забезпечення STEM-освіти, з'являються засоби віртуальної реальності. На

сучасному етапі розвитку освіти група дослідників [19] вбачає VR як інструмент розвитку STEM-освіти. Дослідники зазначають, що електронні освітні ресурси для STEM-освіти, створені за технологією VR є не лише навчальними засобами, а й джерелом натхнення, що мотивує та стимулює творче мислення учнів. Це вагомий аргумент, оскільки творчість стає все більш важливою життєвою навичкою, яка може допомогти учням впоратися з труднощами, зокрема в галузі STEAM-освіти. Вони також акцентують увагу на таких важливих складниках використання VR, як розроблення інструкцій та керівництв для побудови індивідуальних траєкторій розвитку особистості.

Досліджуючи питання ефективності та зручності використання VR технології вченим вдалося підтвердити [2]:

- досягнення навчальних цілей учнями, а відповідно й ефективність навчання;
- встановлення більшої ефективності методу навчання у порівнянні з традиційними;
- підвищення активності й зануреності учнів в освітній процес, ніж за іншими формами навчання.

Проте питання, пов'язані з готовністю учнів до використання VR та визначення місця нової технології в освітньому процесі ЗЗСО вченими досліджено не повною мірою і потребують додаткового дослідження.

Мета: визначити готовність і ставлення учнів закладів загальної середньої освіти до використання віртуальної реальності в освітньому процесі.

Виклад основного матеріалу. У межах наукового дослідження «Проектування навчального середовища з використанням засобів доповненої та віртуальної реальностей у закладах освіти» (РН № 0121U107689), ученими Інституту цифровізації освіти НАПН України було здійснено низку заходів щодо виявлення тенденцій впровадження віртуальної реальності в освітній процес та зацікавленість учнів у використанні новими технологіями навчання.

Для з'ясування готовності учнів 7-9 класів до використання віртуальної реальності, було відібрано три школи: сільську (Черкаська обл.), регіональну (м. Дніпро) і столичну (м. Київ). В умовах широкомасштабної пандемії COVID-19 опитування учнів проводилося в форматі онлайн з використанням сервісу Google Forms.

Всього в опитуванні взяли участь 98 учнів, які у відсотковому відношенні поділилися таки чином: 7 клас – 35%; 8 клас – 44%, 9 клас – 21%. Анкета опитування охопила такі розділи: забезпеченість учнів комп'ютерною технікою, доступом до мережі Інтернет, тривалість використання комп'ютерної техніки, обізнаність та ставлення до використання технології віртуальної реальності.

У процесі аналізу відповідей було встановлено, що доступ до мережі Інтернет мають 100% респондентів. Понад 88% учнів забезпечені комп'ютерною технікою, зокрема учні 9 класів – 86%, 8 класів – 84% та 7 класів – 94%, що дає можливість дійти висновку, що більшість учнів мають як комп'ютерну техніку, так і доступ до мережі Інтернет для доступу до навчальних матеріалів, сайтів, курсів та спеціальних комп'ютерних додатків, зокрема мобільних (рис. 1).

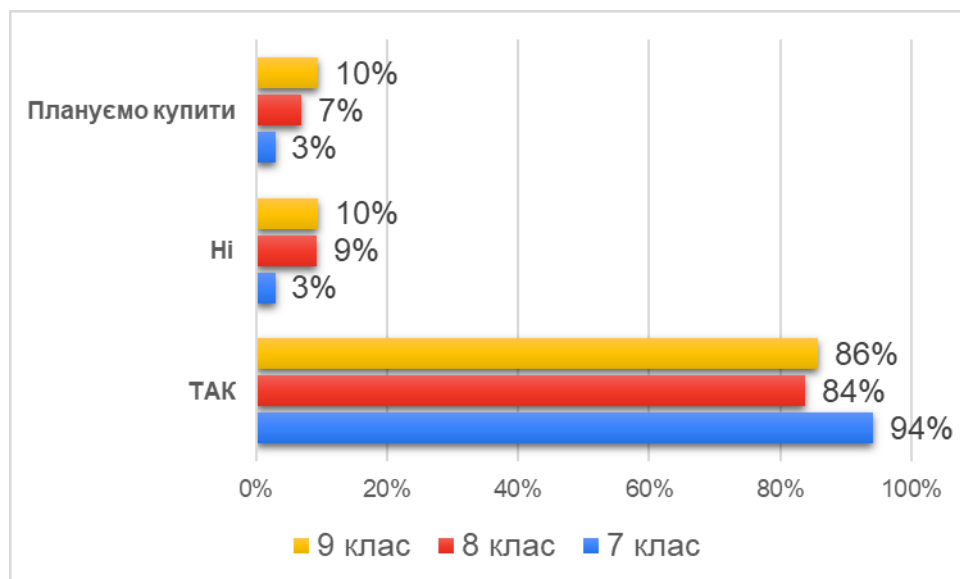


Рис. 1. Забезпеченість учнів 7-9 класів комп'ютерною технікою

Частота використання комп'ютерної техніки учнями, зокрема персональних комп'ютерів, ноутбуків, смартфонів досить висока. 39% зазначили, що використовують гаджети постійно, 30% – 3 години на день, 17% – 2 години на день. Аналізуючи результати робимо висновок, що комп'ютер (різні гаджети) для сучасного учня є інструментами пізнання світу, отримання інформації та даних, комунікатором та інструментом для розваг (рис. 2). Технологічно учні готові до використання різних гаджетів у навчанні.

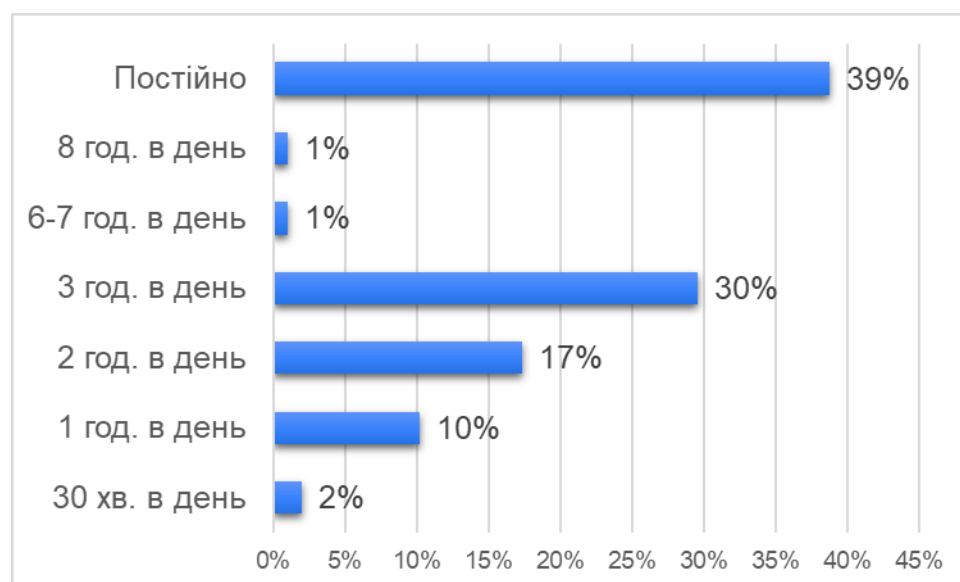


Рис. 2. Тривалість використання учнями 7-9 класів гаджетів протягом дня

Протягом останніх років учні опанували нову форму навчання – дистанційну, яка була не характерна для ЗЗСО. Такий перехід був вимушений, обумовлений широкомасштабною пандемією COVID-19. З іншого боку – це дало

поштовх до опанування різних сервісів та цифрових технологій, що у підсумку, підвищило ІК-компетентність усіх учасників освітнього процесу.

Важливим аспектом впровадження VR в систему загальної середньої освіти є обізнаність, опанування та використання технології для досягнення мети навчання і задоволення освітніх потреб користувача. Так на запитання «Чи знаєте ви, що таке віртуальна реальність (VR)?» 67% учнів відповіли, що чули про цю технологію; 23% – мали змогу використати для розваг, а 9% учнів навіть використали для навчання (рис. 3).

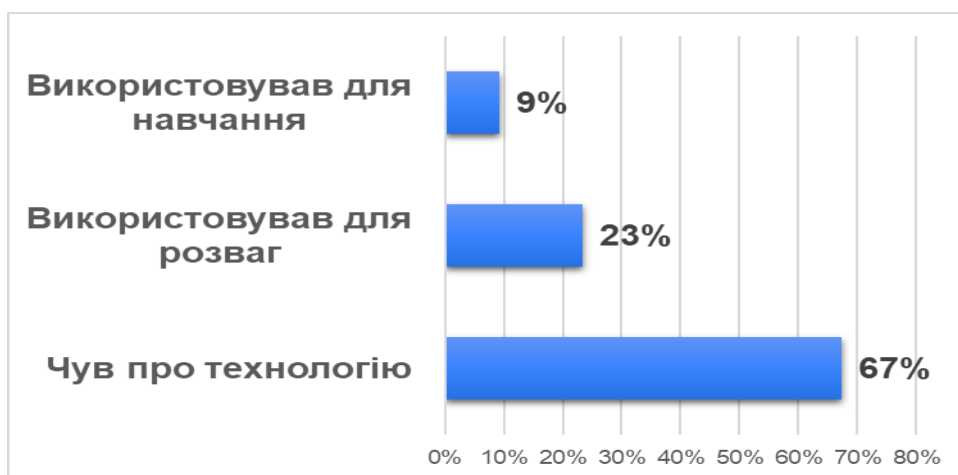


Рис. 3. Обізнаність учнів 7-9 класів про існування VR

Проте, на запитання «Чи маєте ви досвід використання віртуальної реальності (VR)?» 72% учнів відповіли «Так» або «Скоріш так», що свідчить, про високий інтерес, зацікавленість та спроби учнів опанувати нові технології самостійно – поза межами закладу освіти (рис. 4).



Рис. 4. Досвід використання VR учнями 7-9 класів

Такий досвід вони отримали під час проведення міжнародних виставок, на яких ІТ-компанії демонстрували своє обладнання, зокрема окуляри віртуальної реальності та програмне забезпечення. Дехто мав змогу ознайомитися з

технологію VR в спеціальних центрах, які надають можливість пограти в гру або здійснити віртуальну подорож.

Проте 21% відсоток учнів не мав доступу до обладнання, що підтверджує думку багатьох вчених про те, що вартість обладнання ще довго буде ключовою в питаннях впровадження VR в освітню практику.

Ми порівняли отримані результати з результатами дослідження закордонних вчених, які встановили, що з 25 учнів – 44% мали досвід використання пристроїв VR [7]. Ми маємо майже однакові результати щодо практичного досвіду учнів. Спостерігається тенденція до збільшення зацікавленості учнів новою технологією та засобами, особливо окулярами віртуальної реальності.

Враховуючи, той факт, що значний відсоток учнів все ж спробував використати VR і має уявлення по її технологічну реалізацію, важливо було дізнатися їхнє бачення щодо застосування такої технології в освітньому процесі. З'ясувалося, що учні вбачають використати такої технології на різних уроках (рис. 5).

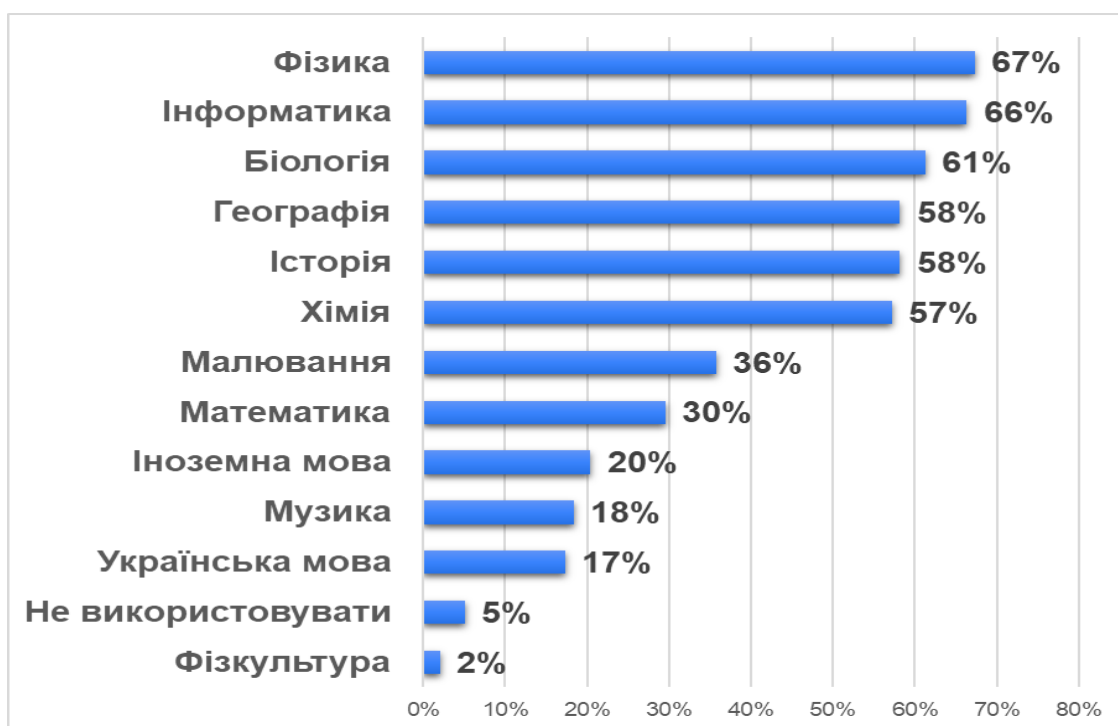


Рис. 5. Учніський рейтинг предметів щодо використання VR в освітньому процесі

Встановлено, що в пріоритеті учнів такі предмети як фізика (67%), інформатика (66%), біологія (61%), географія (58%), історія (58), хімія (57%). Предметами, на яких учні вбачають використання VR і, які вони самостійно включили до списку: малювання – 36%, математика – 30%, іноземна мова – 20%, музика – 18%, українська мова – 17%. Думку про те, що не варто використовувати VR в освітньому процесі залишили 5% учнів.

Приємно були здивовані слухною пропозицією учнів щодо використання VR на уроках фізкультури для відпрацювання основних навиків і рухів у різних спортивних іграх.

Наші закордонні колеги також продемонстрували результати опитування учнів щодо інтересів використання освітньої VR. Так з 19 учнів 42% сказали, що доцільно використати на уроках математики, 36% – під час вивчення мови та на уроках комп'ютерних технологій, 21% – обрали фізику [7].

Отже, такі предмети як математика, фізика, інформатика та мова, зазначені учнями різних країн, мають стати першочерговими для впровадження VR в освітню практику.

Для досягнення мети навчання, учні мають бути вмотивованими та демонструвати бажання вчитися. Позитивне ставлення до навчання з новими технологіями бажано сформулювати на першому етапі впровадження. З цією метою було проведено опитування для з'ясування ставлення учнів до використання VR.

Опитування показало, що 88% учнів мають бажання навчатися з використанням VR, 5% – потребують ознайомлення, пояснення та опанування навичками використання нової технології, 7% – потребуватимуть ґрунтовної педагогічної підтримки (рис. 6).



Рис. 6. Встановлення бажання учнів 7-9 класів вчитися з VR

Слід зауважити, що внутрішній супротив учасників освітнього процесу до використання будь-яких нових засобів навчання завжди сприяє негативному ставленню до самого навчання, Тому важливо з'ясувати ставлення учнів до використання новітньої технології в повсякденному навчанні. Про позитивне ставлення до нововведення зазначили – 90% учнів, 9% – пропонували використовувати нову технологію на окремих предметах, не змогли визначитися - 1% (рис. 7).

Аналізуючи процедуру впровадження технології VR в освітню практику було встановлено, що первинними навичками використання окулярів віртуальної реальності мають опанувати як учні, так і вчителі.

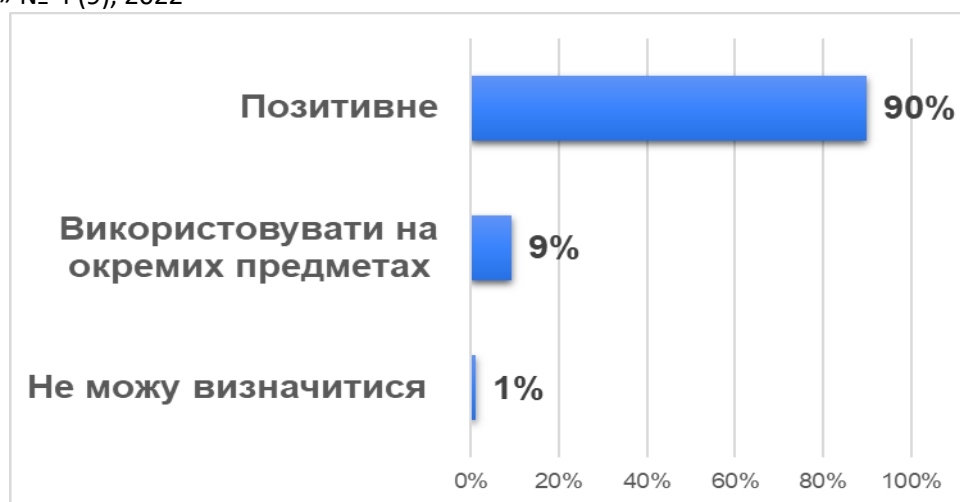


Рис. 7. Ставлення учнів 7-9 класів до використання VR в освітньому процесі

Для цього необхідно сформувати різнорівневі групи та провести тематичні навчання – тренінги. До такої процедури можна долучити відповідальних старшокласників. Під час планування уроку з використанням VR, необхідно враховувати час на адаптування та заряджання гарнітури.

Отже, готовність учнів 7-9 класів до застосовувати VR в освітньому процесі залежить від низки факторів, а саме:

- наявність в учнів та вчителів засобів віртуальної реальності для застосування в освітньому процесі;
- забезпечення учасників освітнього процесу якісним освітнім контентом, розробленого за технологією VR;
- компетентність вчителів у питаннях інтеграції VR в освітній процес, зокрема під час практичних і лабораторних робіт;
- налагодження взаємозв'язків між розробниками VR та науково-педагогічною й педагогічною спільнотами з метою ефективного впровадження в освітню практику.

Ми погоджуємося з думкою колег, що попри високий рівень зацікавленості технологією VR, позитивними перспективами розвитку освітніх технологій, серед проблемних питань залишаються вартість засобів VR та стурбованість освітян, що віртуальна реальність може призвести до ізоляційного уявлення світу (22%) і проблем зі здоров'ям, зокрема такими, як запаморочення (19%) [20].

Висновки. Віртуальна реальність має зайняти відповідне місце в процесах здобуття освіти й щоденному навчанні учнів та стати для них дієвим інструментом як для досягнення вищих результатів, так і самоосвіти.

Науковою спільнотою встановлена значна кількість переваг щодо використання VR, зокрема у досягненні навчальних цілей, ефективності навчання, підвищенні пізнавальної активності учнів.

Учні є індикаторами якісного використання освітніх технологій, їм подобається все нове, зокрема віртуальна реальність, і це може стати мотивуючим фактором у процесі впровадження.

Аналізуючи результати анкетування ми дійшли висновку, що учні 7-9 класів готові до використання VR у навчанні. Важливими аспектами для досягнення

ефективності впровадження і використання залишаються такі, як забезпечення окулярами віртуальної реальності, освітнім контентом, формування навичок використання VR та інтеграція VR в зміст навчання.

На думку учнів у першу чергу предмети природничого циклу заслуговують на розроблення контенту за технологією VR, а зокрема фізика, біологія, хімія. Значну перевагу учні також віддали інформатиці, географії та історії.

Позитивне ставлення та бажання учнів використовувати VR підтверджує їхню готовність до навчання у віртуальному освітньому середовищі, з метою досягнення як вищих результатів навчання, самоосвіти, так і формування індивідуальну траєкторії розвитку.

Подальшого дослідження буде спрямоване на дослідження ролі вчителя у віртуальному освітньому середовищі, сформованому за технологією VR.

Література:

1. Capps D. K., Crawford B. A. Inquiry-based instruction and teaching about nature of science: are they happening? *Journal of Science Teacher Education*, 2013. Vol. 24. Pp. 497-526.
2. Wadhwa M. The information age is over; welcome to the experience age. *Tech Crunch*, 2016. Vol. 9. URL: <https://techcrunch.com/2016/05/09/the-information-age-is-overwelcome-to-the-experience-age/> (дата звернення: 15.02.2022).
3. Aarseth E. Virtual worlds, real knowledge: towards a hermeneutics of virtuality. *European Review*, 2001. Vol. 9. Pp.227-232.
4. Shim K.-C., Park J.-S., Kim H.-S. et. al. Application of virtual reality technology in biology education. *Journal of Biological Education*, 2003. Vol. 37. Pp. 71-74.
5. Bricken M. Virtual reality learning environments: potentials and challenges. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 1991. Vol. 25. Pp. 178-184.
6. Pinho M. S. Realidade Virtual. *PUC*, 2004 (дата звернення: 15.02.2022).
7. Huang H.-M., Liaw S.-S., Lai C.-M. Exploring learner acceptance of the use of virtual reality in medical education: a case study of desktop and projectionbased display systems. *Interactive Learning Environments*, 2013. Pp. 1-17.
8. Lopez L. L. Virtual reality and augmented reality in education, 2016. URL: <https://elearningindustry.com/virtual-reality-augmented-reality-education> (дата звернення: 15.02.2022).
9. Dalgarno B., Hedberg J., Harper B. The contribution of 3D environments to conceptual understanding. In *Proceedings of the 19th Annual Conference of the Australian Society for Computers in Tertiary Education (ASCILITE)*, 2002. URL: <http://www.ascilite.org.au/conferences/auckland02/proceedings/papers/051.pdf> (дата звернення: 15.02.2022).
10. Selvarian M. E. M., Lombard M. Telepresence: A 'Real' Component in a Model to Make Human-Computer Interface Factors Meaningful in the Virtual Learning Environment. *Themes in Science and Technology Education*. Temple University. Philadelphia, 2004. Pp. 31-58. URL: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1131315.pdf>
11. Bell J. T., Fogler H. S. The application of virtual reality to chemical engineering education. *Virtual Reality*, 2004. Vol. 4, pp. 217-218.
12. Edwards B. I., Bielawski K. S., Prada R. et al. Haptic virtual reality and immersive learning for enhanced organic chemistry instruction. *Virtual Reality*, 2019. Vol. 23. Pp. 363-373. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0345-4>.
13. Кожабаева Л. Ж. Дидактический потенциал технологий виртуальной реальности. *Наука о человеке: гуманитарные исследования*, 2021. Вып. 15 (3). С. 151-158.
14. Shamonina V. H., Semenikhina O. V., Proshkin V. et al. Using the Proteus virtual environment to train future IT professionals. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education*, 2019. Vol. 2547. Pp. 24-36.

15. Lvov M. S., Popova H. V. Simulation technologies of virtual reality usage in the training of future ship navigators. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education*, 2019. Vol. 2547. Pp. 50-65.

16. Литвинова С. Г. Система комп'ютерного моделювання об'єктів і процесів та особливості її використання в навчальному процесі закладів загальної середньої освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2018. Том 64. № 2. С. 48-65. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/2111/1330>

17. Dyulicheva Yu. Yu., Gaponov D. A., Mladenović R., Kosova Ye. A. The virtual reality simulator development for dental students training: a pilot study. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education*, 2021. Vol. 2898. Pp. 56-67.

18. Voloshynov S. A., Zhuravlev F. M., Riabukha I. M. et al. Application of VR technologies in building future maritime specialists' professional competences. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education*, 2021. Vol. 2898. Pp. 68-81.

19. Soroko N. V., Soroko V. M., Mukasheva M. et al. Using of virtual reality tools for the development of steam education in general secondary education. *Information Technologies and Learning Tools*, 2021. Vol. 86(6). Pp. 87–105. <https://doi.org/10.33407/itlt.v86i6.4749>

20. Statista: веб-сайт. URL: <https://www.statista.com/chart/17482/share-of-americans-familiar-with-vr-and-perceived-barriers-to-adoption/> (дата звернення: 12.03.2022).

References:

1. Capps D. K., Crawford B. A. (2013). Inquiry-based instruction and teaching about nature of science: are they happening? *Journal of Science Teacher Education*, 24, 497-526.

2. Wadhwa M. (2016). The information age is over; welcome to the experience age. *Tech Crunch*, 9. URL: <https://techcrunch.com/2016/05/09/the-information-age-is-overwelcome-to-the-experience-age/> (дата звернення: 15.02.2022).

3. Aarseth E. (2001). Virtual worlds, real knowledge: towards a hermeneutics of virtuality. *European Review*, 9, 227-232.

4. Shim K.-C., Park J.-S., Kim H.-S. et al. (2003). Application of virtual reality technology in biology education. *Journal of Biological Education*, 37, 71-74.

5. Bricken M. (1991). Virtual reality learning environments: potentials and challenges. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 25, 178-184.

6. Pinho M. S. (2004). Realidade Virtual. *PUC*, (дата звернення: 15.02.2022).

7. Huang H.-M., Liaw S.-S., Lai C.-M. (2013). Exploring learner acceptance of the use of virtual reality in medical education: a case study of desktop and projectionbased display systems. *Interactive Learning Environments*, 1-17.

8. Lopez L. L. (2016). Virtual reality and augmented reality in education, URL: <https://elearningindustry.com/virtual-reality-augmented-reality-education> (дата звернення: 15.02.2022).

9. Dalgarno B., Hedberg J., Harper B. (2002). The contribution of 3D environments to conceptual understanding. In *Proceedings of the 19th Annual Conference of the Australian Society for Computers in Tertiary Education (ASCILITE)*, URL: <http://www.ascilite.org.au/conferences/auckland02/proceedings/papers/051.pdf> (дата звернення: 15.02.2022).

10. Selvarian M. E. M., Lombard M. (2005). Telepresence: A 'Real' Component in a Model to Make Human-Computer Interface Factors Meaningful in the Virtual Learning Environment. *Themes in Science and Technology Education*. Temple University. Philadelphia, 31-58. URL: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1131315.pdf>

11. Bell J. T., Fogler H. S. (2004). The application of virtual reality to chemical engineering education. *Virtual Reality*, 4, 217-218.

12. Edwards B.I., Bielawski K.S., Prada R. et al. (2019). Haptic virtual reality and immersive learning for enhanced organic chemistry instruction. *Virtual Reality*, 23, 363-373. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0345-4>.

13. Kozhabaeva L. Zh. (2021). Didakticheskij potencial tehnologij virtual'noj real'nosti [Didactic potential of virtual reality technologies]. *Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovanija - Human Science: Humanities Studies*, 15 (3), 151-158. [in Russian].
14. Shamonina V. H., Semenikhina O. V., Proshkin V. et al. (2019). Using the Proteus virtual environment to train future IT professionals. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education*, 2547, 24-36.
15. Michael S. Lvov, Halyna V. Popova (2019). Simulation technologies of virtual reality usage in the training of future ship navigators. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education*, 2547, 50-65.
16. Lytvynova S. H. (2018). Systema kompiuternoho modeliuvannia ob'ektiv i protsesiv ta osoblyvosti yii vykorystannia v navchalnomu protsesi zakladiv zahalnoi serednoi osvity [The system of computer modeling of objects and processes and features of its use in the educational process of general secondary education]. *Informatsiini tekhnologii i zasoby navchannia - Information Technologies and Learning Tools*. 64 (2), 48-65. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/2111/1330> [in Ukrainian].
17. Dyulicheva Yu. Yu., Gaponov D. A., Mladenović R., Kosova Ye. A. (2021). The virtual reality simulator development for dental students training: a pilot study. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education*, 2898, 56-67.
18. Voloshynov S. A., Zhuravlev F. M., Riabukha I. M. et al. (2021). Application of VR technologies in building future maritime specialists' professional competences. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education*, 2898, 68-81.
19. Soroko N. V., Soroko V. M., Mukasheva M. et. al. (2021). Using of virtual reality tools for the development of steam education in general secondary education. *Information Technologies and Learning Tools*, 86(6), 87-105. <https://doi.org/10.33407/itlt.v86i6.4749>
20. Statista: веб-сайт. URL: <https://www.statista.com/chart/17482/share-of-americans-familiar-with-vr-and-perceived-barriers-to-adoption/> (дата звернення: 10.03.2022).