

ПЕРЕТВОРЕННЯ ЛОРЕНЦА В ІСТОРІЇ
УКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВОЇ ДУМКИ: ПЕРШІ ВИВЕДЕННЯ

Щербак О.А.

(Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара)

Розглянуті різні підходи до виведення перетворень Лоренца в роботах вітчизняних учених. Проведений їх порівняльний аналіз з роботами класиків релятивізму. Зроблені висновки про характер еволюції уявлень про перетворення Лоренца.

Важливе значення у з'ясуванні логіки розвитку концептуальних ідей теорії відносності має аналіз підходів до виведення перетворень Лоренца. У вивченні цього процесу досить багато прогалин. Хоча вплив цих рівнянь на становлення сучасної фізики й проаналізований у науковій літературі, наприклад [1-3], але з нього випали праці вчених, що діяли в Україні у першій половині ХХ сторіччя і були, в силу історичних обставин, або забуті, або належним чином не оцінені.

Метою цієї статті є детальний аналіз оригінальних праць вітчизняних вчених у контексті сприйняття ідей СТВ, а також з'ясування місця цих праць у науковому світовому доробку, як значної і невід'ємної складової у загальноосвітньому процесі розвитку ідей СТВ.

Рівняння, що отримали назву перетворення Лоренца, відіграли важливу роль у формуванні сучасної фізики. «Народження» перетворень Лоренца почалось з «парадоксу», який полягав у тому, що рівняння Максвелла не інваріантні відносно перетворень Галілея. Ще В. Фогт (Voight) у 1887 році показав, що рівняння типу $\varphi=0$ зберігає



свою форму при переході до нових просторово-часових змінних при перетвореннях типу $x' = x - vt$, $y' = y/\gamma$, $z' = z/\gamma$, $t' = t - vx/c^2$. З точністю до масштабного множника, це були майбутні перетворення Лоренца. Згадана робота була малові-

дома науковій громадськості. Але вже Дж. Фіцджеральд і Х. Лоренц розуміли, що для пояснення результатів дослідів Майкельсона-Морлі необхідним є введення нового постулату – скорочення розмірів тіл, що рухаються. У 1900 р., через десять років після того, як Г. Герц і О. Хевісайд надали рівнянням Максвелла красивої математичної форми, Дж. Лармор знайшов перетворення, при якому рівняння залишаються інваріантними. Можна сказати, що метод, запропонований Дж. Лармором, зводиться до двоетапної схеми: спочатку перетворення Галілея, а потім відновлення інваріантності Максвеллівських рівнянь за допомогою кінематичного перетворення.

Х. Лоренц незалежно від Дж. Лармора запропонував спосіб перетворень однієї системи відліку в іншу, при яких рівняння Максвелла зберігають свій вигляд. Фактично, ця схема виведення

була аналогічна до схеми виведення Дж. Лармора. Так, якщо було відсутнє електромагнітне поле в одній системі, воно дорівнювало нулю і в іншій. Цим і пояснювався, згідно теорії Лоренца, результат досліду Майкельсона-Морлі.

А. Пуанкаре удосконалив ефірно-польову теорію Х. Лоренца, вилучивши галілеєвські перетворення як окремих етап перетворень, та ввівши рівняння у вигляді єдиного перетворення. Теорія А. Пуанкаре математично збігалася зі спеціальною теорією відносності А. Ейнштейна, але саме А. Ейнштейн „наважився” надати перетворенням Лоренца фізичний сенс. Як писав Х. Лоренц у 1912 р., «заслуга Ейнштейна полягає у тому, що він перший висловив принцип відносності у вигляді загального строго і точно діючого закону» [цит. за 4]. Хоча поряд з цим, повністю розуміючи математичний бік питання, Х. Лоренц так і не зміг прийняти висновків, що випливали з кінематичної інтерпретації СТВ.

Оскільки фізичні об’єкти і відповідні їм геометричні образи не повинні залежати від того, у якій системі записані їх координати, за характером математичного перетворення координат цих об’єктів можна судити, до якого класу вони відносяться: вектори, тензори. Тому при вивченні підходів до виведень перетворень Лоренца можна ввести класифікацію, в основу якої покладемо основні математичні принципи опису суті фізичного явища.

Історично першим був застосований координатний метод, який найбільш інформативно можна проілюструвати за А. Ейнштейном [5]. Розглядаючи розповсюдження світло-

вого сигналу у двох системах відліку, ним було проаналізоване рівняння розповсюдження світлової хвилі з точки зору двох систем відліку (тієї, що рухалась рівномірно і прямолінійно, та системою, що знаходилась у стані спокою). Аналіз, заснований на постулаті інваріантності швидкості світла, дав змогу отримати рівняння перетворень Лоренца. Відповідно, в цій же праці було з’ясовано фізичне значення отриманих рівнянь для тіл та годинників, що рухаються, наведена теорема складання швидкостей й отримані результати, застосовані до перетворень рівняння Максвелла-Герца у пустоті, теорії аберації та принципу Допплера, теорії світлового тиску, динаміки прискореного електрона тощо.

У рамках такого підходу на початку ХХ сторіччя в Україні працювали: Л. Кордиш, О. Грузінцев. Слід зазначити, що їх праці вийшли друком в один і той же час (1910-1911). І хоча публікації були присвячені одній темі, підходи до виведення перетворень Лоренца не збігалися.

Відзначимо, що праця Л. Кордиша „Элементарный вывод основных формул теории относительности” [6], хоча і була надрукована у 1911 році, доповідалася значно раніше (15 лютого 1910 р.) на засіданні науково-технічного товариства Київського політехнічного інституту. Виведення перетворень Лоренца Л. Кордиш проводить у спосіб, що цілком підпадає під визначення координатного методу. Під координатним методом будемо розуміти опис фізичних явищ, в основі якого лежать лінійні перетворення координат прямокутної системи. Для з’ясування цьо-

го уявимо, що у момент збігу систем координат I та II з їх загального початку був випущений світловий сигнал. Виходячи з визначення принципу відносності, як спостерігач системи відліку I , так і спостерігач системи відліку II повинні будуть побачити поширення світлової хвилі з центрами A (для I системи координат) і B (для II системи координат). Система II рухається відносно системи I зі швидкістю v .

Як свідчить проведений нами аналіз виведень перетворень Лоренца, Л. Кордиш виходив з положення про рівноправність інерційних систем відліку, а цьому не суперечить саме лінійні перетворення координат та часу при переході від однієї ІСВ до іншої. За цих умов він визначає, які коефіцієнти у введених ним рівняннях будуть дорівнювати нулю, а які необхідно визначити. Після визначення нульових коефіцієнтів, Л. Кордиш отримав перетворення Лоренца.

При перевірці виведення було виявлено деяку плутанину з позначеннями у Л. Кордиша. На характер виведення це не впливає, але, зрозуміло, дещо утруднювало сприйняття виведення для наступників. Зазначимо, що Л. Кордиш притримується думки, що другий постулат А. Ейнштейна є зайвим, оскільки, на думку вченого, він є просто наслідком першого. Тобто, у цьому твердженні він підтримує певну думку європейських вчених. У коректурі до цієї роботи він відзначив, що аналогічний висновок був представлений М. Планком у щойно надрукованих (на той час) «Лекціях з теоретичної фізики». Можливо така точка зору, висловлена Л. Кордишем, була

не випадковою, а відповідала тим уявленням, які Л. Кордиш виніс зі стажування у М. Планка. До аналогічних висновків щодо другого постулату, крім М. Планка, Л. Кордиша, незалежно дійшли В. В. Ігнатовський [7], Ф. Франк (Franck) и Г. Роте (Rothe) [8]. Вкажемо також на те, що підхід, застосований Л. Кордишем, простіший за виведення перетворень Лоренца А. Ейнштейном і залюбки застосовується в сучасності у підручниках з фізики (див. Детлаф, Яворский. Курс фізики. М.: Высшая школа, 1999 – с. 89-90). На можливість полегшеного виведення (порівняно з запропонованим А. Ейнштейном) вказується, між іншим, у коментарях редактора до перекладу статті «К електродинаміке движущихся тел», «а саме, що вони виводяться простіше прямо з умови, що в силу цих формул співвідношення $\xi^2 + \eta^2 + \delta^2 - V^2\tau^2 = 0$ повинно приводити до співвідношення $x^2 + y^2 + z^2 - V^2t^2 = 0$ » [9], що чи не найпершим і застосував для виведення перетворень Лоренца Л.Й. Кордиш.

Фактично, одночасно з публікацією Л. Кордиша, з'являється і публікація О. Грузінцева. О. Грузінцев відомий тим, що розвинув і узагальнив електродинаміку Герца для світлових хвиль, що поширюються в непровідних середовищах, був прихильником теорії ефіру, розвиваючи погляд на ефір як на структуру, тісно зв'язану з електромагнітним полем, тому і до питань теорії відносності у статті [10] він підійшов до проблеми з позицій електродинаміки. За методологічною схемою, як показує проведений аналіз, його підхід пов'язаний з координатним методом. На відміну від Л. Кордиша, який йшов

до виведення перетворень Лоренца через порівняння інтервалів, О. Грузінцев обрав шлях А. Ейнштейна, і вивів перетворення Лоренца розглядаючи час у одній системі відносно другої як функцію координати та часу. Робота починається з виведення перетворень Лоренца шляхом, використання залежності координат та часу x, y, z, t системи A від координат та часу x', y', z', t' системи B , що рухається відносно A з постійною швидкістю, за допомогою визначення часу як фізичного фактору явища, що спостерігається. Хоча підхід до цього питання взагалі збігається з підходом А. Ейнштейна, але існує суттєва відмінність. Швидкість світла ω , що фігурує у роботі О. Грузінцева, є „швидкістю світла в тому середовищі, яким наповнений простір” [10, с.2].

Вводячи t'_0, t'_1, t'_2 час у системі B виходу променя з системи A , відбиття від B і повертання у A , він записує функціональну залежність часу та розкладає t'_1, t'_2 за Тейлором. На відміну від А. Ейнштейна сигнал у О. Грузінцева виходить з довільної точки простору, а не з початку координат. Він отримує рівняння електромагнітної хвилі. Надалі, розв'язуючи його шляхом, яким йшов А. Ейнштейн, О. Грузінцев знаходить перетворення Лоренца.

Оскільки О. Грузінцев, як вже було зазначено, розробляв теорію електромагнітного поля, він був одним з тих, хто вперше в Україні застосував СТВ до опису явищ у ньому. У передмові до роботи вказано, що перетворення Лоренца, які були проаналізовані А. Ейнштейном, А. Пуанкаре, Г. Мінковським, розглядалися лише для ефіру. Метою ж роботи О. Грузінцева було:

довести, що „пропозиція Лоренца виявляється справедливою для усякого фізичного середовища, що характеризується діелектричною постійною і коефіцієнтом магнітної проникності, відмінним від одиниці (для ефіру $K=1, \mu=1$); більш того, воно справедливе і для поглинаючих середовищ (метала)” [10, с.1]. При розв'язку цієї проблеми він накладає умови, щоб „швидкість світла була не „універсальною” константою, тобто швидкістю у ефірі, як припускає наприклад А. Ейнштейн, а взагалі, швидкість світла у середовищі, що розглядається” [10, с. 2].

Він дійшов висновку, що система рівнянь електромагнітного поля перетворюється за допомогою перетворень Лоренца в подібну ж систему, якщо буде виконуватися співвідношення $A^2 K \mu \omega^2 = 1$. Позначивши $\omega_0/\omega = n$ отримує співвідношення Максвела $K \mu = n^2$, де n – „показник заломлення нашого середовища”. Хочу зазначити, що в позначенні О. Грузінцева $A = 1/\omega_0$, де ω_0 – швидкість світла в „порожнині”. На жаль, вчений, який був прихильником теорії ефіру, це позначення ніяк не коментує.

Наступний крок, зроблений вченим, – розгляд середовища, в якому «існують електрони з зарядами, що рухаються, тобто коли середовище буде мати дисперсію» [10, с.12]. Розглядаючи рівняння електромагнітного поля для даного випадку з урахуванням того вкладу, який вносить дисперсія, вчений отримує вираз $A^2 K \mu \omega^2 D_i = 1 - z$ якого можемо одержати „дисперсійне відношення загальноприйняте в теперішній час.... Таким чином перетворення Лоренца приводять до важливо-

го результату, звичайно яке отримують через інтегрування рівнянь електромагнітного поля» [10, с. 14]. А коли О. Грузінцев врахував струми провідності "в загальному сенсі слова" для випадку „періодичної зміни кінетичного стану середини”, та коефіцієнт електропровідності середовища C , то отримав рівність $A^2 K \mu \omega^2 E = 1$. За визначених умов він виводить „формули Максвелла для провідників (металів), або для середовищ, що поглинають” [10, с.15].

Фактично О. Грузінцев одним з перших у світі довів інваріантність рівнянь Максвелла для середовища щодо перетворень Лоренца. Зроблений вченим, незалежно від інших дослідників, подібний висновок був дуже важливий з погляду обґрунтування теорії відносності. Як він зазначив: «Ясно, що перетворення Лоренца для загальних випадків мають місце лише для періодичних змін електромагнітного поля, а це і є випадок усієї області оптичних явищ і більшої частини, якщо не всієї, електродинаміки» [10, с. 19]

Рівняння Лоренца почали своє життя як такі, що «дозволили» рівнянням Максвелла стати інваріантними. Фізичний зміст, що в них закладений, був розповсюджений А. Ейнштейном на концептуальні ідеї простору та часу. Еволюція підходів до виведення перетворень Лоренца вивчення їх властивостей на цьому не завершується.

М. Умов у 1912 році, розглядаючи хвильовий процес, «не роблячи заздалегідь ніякого погодження» відносно закону, що поєднує між собою x' , y' , z' доводить, що математичний сенс принципу відносності полягає в інваріантності хвильового рівняння розпо-

всюдження світла. М. Умов один з перших, хто у своїй роботі «передрік» появу узагальнених рівнянь Лоренца, зазначивши, що «в той час як, x , y , z означають прямокутні координати, x' , y' , z' можуть взагалі виявитись криволінійними» [11, с. 498]. Знаходячи загальні перетворення для системи, що описує явище, що характеризується функцією $\phi(x, y, z, t)$, у двох ізотропних та еквівалентних світах, він знаходить загальні перетворення, для яких зазначає, «що вводячи проміжні координати» [11, с. 498] можна отримати перетворення Лоренца. Далі М. Умов відмічає, що можна спростити ситуацію, якщо взагалі ввести залежність від часу лише однієї координати. Продовжуючи таким чином міркування він одержує перетворення Лоренца.

З'ясування можливостей виведення перетворень Лоренца з використанням інших підходів, відмінних від зазначених вище, продовжувалась. Як бачимо, на початковому етапі справедливості перетворень була доведена лише для переходу між двома системами, які рухаються прямолінійно і рівномірно по відношенню одна до одної. Робота, щодо удосконалення підходів виведення перетворень Лоренца, які на початковий стан були справедливі лише для переходу між двома декартовими системами, які рухаються прямолінійно і рівномірно одна по відношенню до іншої, продовжувалась.

Сформульована 4-х вимірною концепція простору та часу дозволила дещо по іншому підійти до виведень перетворень Лоренца. Ключова роль у цьому належить А. Пуанкаре [12], Г. Мінковському [13, 14] та В. Варичаку [15,

16]. Не торкаючись питання про пріоритети у створенні спеціальної теорії відносності, відмітимо вклад А. Пуанкаре. Відомо, що стаття А. Пуанкаре, у якій були викладені ідеї, подібні до ідей Ейнштейна щодо СТВ, вийшла на декілька тижнів пізніше за статтю А. Ейнштейна, у маловідомому світовій громадськості італійському журналі. Але раніше за А. Ейнштейна, А. Пуанкаре у 1904 році на конгресі у Сент-Луїсі висунув ідею про те, що не можуть існувати швидкості, що перевищують швидкість світла. Вчений відкрив груповий характер перетворень Лоренца, й тим самим започаткував новий тип симетрії, що пов'язана з групою лінійних просторово-часових перетворень. Він увів в науку поняття принципу відносності. У ранніх роботах А. Пуанкаре передбачив появу спеціальної теорії відносності, звернувши увагу на необхідність визначити поняття одночасності. Як зазначено У. Франкфуртом, «у тому вигляді, у якому перетворення Лоренца були записані до Пуанкаре, повна коваріантність рівнянь електронної теорії не була досягнута. виправивши Лоренцові формули перетворення густини заряду і швидкості, Пуанкаре досягнув повної коваріантності рівнянь електронної теорії» [4, с. 27].

У 1910 році В. Ігнатовський у роботі [7], не спираючись на другий постулат про сталість швидкості світла та застосовуючи теорію груп, отримав перетворення Лоренца. Тих самих висновків дійшли Ф. Франк і Г. Роте у роботі [8], зазначивши, що «серед усіх рівнянь перетворення, відповідних однопараметричним лінійним однорідним групам, існують трьох типів у

яких величина скорочення не залежить від напрямку руху у абсолютному просторі. Серед них тільки один тип має своїм наслідком фактичне скорочення довжини, а саме – перетворення Лоренца... При перетвореннях Лоренца швидкість світла в усіх системах, що рухаються при будь-якому напрямі розповсюдження має одне і те ж саме кінцеве значення...» [8, с. 855].

Г. Мінковський розглянув геометричну фігуру $c^2t^2 - x^2 - y^2 - z^2 = 1$, де c – деякий додатний параметр, який пов'язаний з групою перетворень G_c , де група перетворень включає у собі будь-які зміщення просторово-часової нульової точки. Розглядаючи властивості групи при граничних значеннях параметра $c \rightarrow \infty$ (ньютонівське наближення), він віддає перевагу групі G_c замість G_∞ , надалі ототожнюючи цю константу c – зі швидкістю світла.

У 1909 А. Зоммерфельд показав, що закон додавання швидкостей пов'язаний з геометрією на сфері уявного радіусу. У 1910 році В. Варічак за аналогію закону додавання швидкостей і додавання відрізків на площині Лобачевського [15] спростив формули СТВ, переписавши їх за допомогою формул гіперболічної геометрії для простору швидкостей. Використання 4-х вимірного підходу виявилось дуже продуктивним, що дозволило суттєво спростити рівняння та перейти до матричного підходу в описі просторово-часових явищ, у якому перетворення Лоренца можуть бути записані як:

$$\begin{bmatrix} ct \\ x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma & -\frac{v}{c}\gamma & 0 & 0 \\ -\frac{v}{c}\gamma & \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} ct' \\ x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix}$$

започаткувавши основу матричного підходу до виведень перетворень Лоренца

Вивчення різних варіантів виведення перетворень Лоренца свідчить, що вони мали еволюційний характер, який був пов'язаний з розширенням можливостей їх застосування для різних фізичних систем і середовищ. Аналіз підходів до виведення перетворень Лоренца у різних дослідників дозволив нам запропонувати певну типологізацію цього процесу. Так, можна виділити три основні напрями, що були домінантними при виведенні перетворень Лоренца у період з 1900 до 1924:

- координатний підхід (В. Фогт, Дж. Фітцджеральд, Дж. Лармор, А. Пуанкаре, Г. Лоренц, А. Ейнштейн, Й. Кордиш);

- груповий підхід (В. Ігнатовський, Г. Мінковський, А. Пуанкаре В. Варічак);

- матричний підхід (А. Ейнштейн).

Координатний підхід, який з'явився історично першим, був узагальнений введенням 4-х вимірних величин, а це дозволило поширити використання методів тензорного обчислення з загальної теорії відносності на спеціальну теорію відносності.

Отже, можна зробити наступні висновки. Поступово відбувається перехід від розгляду можливостей перетворень Лоренца для процесів, що відбуваються у вакуумі, до поширення їх на процеси у середовищах з властивостями, відмінними від властивостей порожнього простору. Робляться спроби застосувати ці перетворення (при певних обмеженнях) до прискорених систем з відповідним пошуком критерію наближеності і т.п. Видно що методи, які були застосовані при виве-

денні, органічно доповнюють один одного, маючи «спадкові» властивості. З точки зору перспективи розвитку концептуальних ідей СТВ кожний такий етап надавав нові підтвердження обґрунтованості її засад та свідчив про нові її можливості. Перетворення Лоренца стали повсякденним інструментом дослідження фізичних систем, до яких можуть застосовуватися ідеї спеціальної теорії відносності.

Найпоширенішим у вітчизняній науці, на початку становлення СТВ був координатний підхід, він у домінував у роботах цього періоду, груповий і тензорний підходи були менш поширені, і почали входити у «повсякденний вжиток» вчених тільки після того, як математичний апарат і стан його використання досягли певного рівня.

ЛІТЕРАТУРА

1. Визгин В.П. Восприятие теории относительности в России и СССР / В.П. Визгин, Г.Е. Горелик // Эйнштейновский сборник, 1984-85. – М.: 1988. – С. 7 – 70.
2. Arzelies H. Relativistic Kinematics / H. Arzelies – Pergamon, Oxford, England, 1966. – 236 p.
3. Гинзбург В. Л. Как и кто создал теорию относительности? // Эйнштейновский сборник, 1966. — М.: Наука, 1966. — С. 363. — 375. То же: Специальная теория относительности. 2-е изд. М.: Наука, 1977.
4. Франкфурт У.И. Специальная и общая теория относительности: исторические очерки / У.И. Франкфурт. – М.: Наука, 1968. . — 330 с.
5. Einstein A. Zur Elektrodynamik bewegter Körper / A. Einstein – Ann. d. Phys. – 1905. – № 17. – P. 891–921.
6. Кордыш Л.И. Элементарный вывод основных формул теории относительности / Л.И. Кордыш // Известия ки-

- евського политехнического института. – 1911. – Кн. 1. – С. 43– 51.
7. Ignatowsky W. Einige allgemeine Bemerkungen zum Relativitätsprinzip / W. Ignatowsky // Verb. Deutsche Phys. – Ges. 12. – P.788–796; (то же Phys. Zs.– 1910, № 11. – P. 972–975.)
 8. Frank P. Über die Transformation der Raumzeitkoordinaten von ruhenden auf bewegte Systeme / P. Frank, H. Rothe // Ann. der Physik. – 1911. – Ser. 4. – Vol. 34, № 5. – P. 825—855.
 9. Эйнштейн А. Теория относительности. / А. Эйнштейн – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. – 224с.
 10. Грузинцев А.П. Преобразования Лоренца и принцип относительности / А.П. Грузинцев // Сообщения ХМО. – Сер. 2.– Харьков, 1911. – Т. 12, № 6. – С. 269– 288.
 11. Умов Н. Единообразный вывод преобразований, совместных с принципом относительности. / Н. Умов. – Избр. соч. – М.-Л.: Гостехиздат,– 1950. – С. 492.
 12. Пуанкаре А. Избранные труды. / А. Пуанкаре – Т.3. – М.: Наука, 1974. – 771с.
 13. Минковский Г. Пространство и время / Г. Минковский. – Принцип относительности. – М.: Атомиздат, 1973. – С. 167–182.
 14. Минковский Г. Теория Лоренца, теорема, постулат, принцип относительности / Г. Минковский.– Принцип относительности. – М.: Атомиздат, 1973. – С.187–188.
 15. Varicak V. Anwendung der Lobachevskyschen Geometrie in der Relativitätstheorie / V. Varicak // Phys. Zeit. – 1911. – P. 93–99.
 16. Varicak V. Die Relativitätstheorie und die Lobachevskijsche Geometrie / V. Varicak // Phys. Zeit. – 1911. – P. 287–293.

Щербак А.А. Преобразования Лоренца в истории украинской научной мысли: первые выводы. *Рассмотрены различные подходы к выводу преобразований Лоренца в работах отечественных ученых. Проведен их сравнительный анализ с работами классиков релятивизма. Сделаны выводы о характере эволюции представлений о преобразованиях Лоренца.*

Scherbak A.A. Transformations of Lorentz to history of Ukrainian scientific thought: first leading out. *The problem questions of approaches to output of Lorentz transformation laws in issues of domestic scientists are discussed in the paper. Their comparative analysis is conducted; the conclusions about character of evolution changes of representations about Lorentz transformation laws are made.*

УДК 631.3:631.17 “71”

ЕВОЛЮЦІЯ РОЗВИТКУ МОБІЛЬНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ РЕМОНТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Вечурко С.І.

(Національний університет біоресурсів і природокористування України)

Стаття присвячена проблемам вивчення розвитку мобільних засобів для здійснення операцій ремонту у сільському господарстві та використання їх у науково-технічному прогнозі відбудови агропромислового комплексу України, удосконалення інтеграції науки і техніки у виробництво, реконструкції національної історії науки і техніки.