



**ДЕМЧЕНКО**  
**Тетяна Федорівна,**  
канд. іст. наук, старший викладач  
кафедри «Екологія та безпека  
життєдіяльності на залізничному  
транспорті»  
(м. Київ)

### **ВНЕСОК АКАДЕМІКА Є.О. ПАТОНА У БУДІВНИЦТВО ДЕРЕВ'ЯНИХ МОСТІВ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ**

*Патон Євген Оскарівич (1870-1953) – інженер шляхів сполучення, спеціаліст в галузі мостобудування і електрозварювання, академік АН УРСР (1929), заслужений діяч науки УРСР (1940). Спочатку Є.О. Патон працював на залізницях Російської імперії, з 1896 р. працював у Московському інженерному училищі, з 1905 р. – у Київському політехнічному інституті. З 1921 по 1931 рр. очолював мостовипробувальну станцію у Києві. З 1929 р. займався електрозварюванням, організував зварювальну лабораторію, а в 1934 перетворену на науково-дослідний інститут зварювання. Був директором цього інституту. Під керівництвом Є.О. Патона було спроектовано і побудовано зварний міст через Дніпро. Його наукові праці торкаються проблем автоматизації зварювання, поточних ліній і зварювального виробництва, впровадженню нових технологій зварювання, зварювання під флюсом тощо. Ім'я Патона має міст через Дніпро та науково-дослідний інститут електрозварювання.*

*У даній статті висвітлюється окремий період діяльності Є.О. Патона на Україні на початку ХХ століття. Аналізуються його наукові статті, присвячені будівництву дерев'яних мостів. Ці праці є все ще актуальними.*

*Патон Евгений Оскарівич (1870-1953) - инженер путей сообщения, специалист в отрасли мостостроения и электросварки, академик АН УССР (1929), заслуженный деятель науки УССР (1940). Сначала Є.О. Патон работал на железных дорогах Российской империи, с 1896 г. работал в Московском инженерном училище, с 1905 г. – в Киевском политехническом институте. С 1921 по 1931 гг. возглавлял мостопробную станцию в Киеве. С 1929 г. занимался электросваркой, организовал сварочную лабораторию, а в 1934 преобразованную на научно-исследовательский институт сварки. Был директором этого института. Под руководством Є.О. Патона было спроектировано и построено сварной мост через Днепр. Его научные*

*труды касаются проблем автоматизации сварки, текущих линий и сварочного производства, внедрению новых технологий сварки, сварки под флюсом и тому подобное. Имя Патона имеет мост через Днепр и научно-исследовательский институт электросварки.*

*В данной статье освещается отдельный период деятельности Е.О. Патона на Украине в начале XX века. Анализируются его научные статьи, посвященные строительству деревянных мостов. Эти труды все еще актуальны.*

*Evheii Oskarovich Paton (1870–1953) is the railway engineer, a specialist in the field of bridge engineering and electric welding Academician of the USSR Academy of Sciences (1929) honoured specialist of science of Ukraine science (1940). At the beginning of his career he has been working on Moscow engineering school since 1896, since 1905 he has been working at Kyiv polytechnic institute. From 1921 to 1931 headed the bridge testing station in Kyiv. Since 1929 he has been engaged in electric welding, has created welding laboratory, which was transformed into scientific research institute of welding. He was the director of this institute. The welded bridge across Dnipro has been designed and built under Paton's guidance. His scientific works deal with the problems of welding automation, production lines and welding production, the introduction of new technologies into welding, welding under flux and so on. The bridge across the Dnipro and scientific research institute have been named after Paton.*

*This article highlights the special period of separate period of E.O. Paton activity in Ukraine at the beginning of the XX th century. His scientific articles on wooden bridges construction have been analysed in this article. These works are still topical.*

Вивчаючи наукову спадщину Є.О. Патона можна побачити, як відбувався розвиток вітчизняного мостобудування у першій половині XX століття. Першим етапом діяльності вченого у цій галузі стали дерев'яні мости і, як результат, декілька наукових праць на цю тему. Наприклад: «Приклади розрахунку дерев'яних мостів під залізницю» (1903) [1], «Приклади розрахунку дерев'яних мостів з фермами підкісної системи Гау і Тауна» (1903) [2], «Дерев'яні мости» (1910) [3], «Атлас креслень до курсу дерев'яних залізничних мостів, читаному в Київській офіцерській залізничній школі у 1917 р.» (1917) [4], «Дерев'яні залізничні мости. Курс, читаний в Київській офіцерській залізничній школі» (1917) [5], «Малі дерев'яні мости спрощеного типу» (1917) [6]. Потрібно зазначити, що вчений прагнув усі напрацьовані результати, отримані в основному під час роботи на Україні, представляти переважно у

вигляді фундаментальних робіт, збирати інформацію в одне ціле для найзручнішого користування. Як бачимо із списку використаних джерел, усі праці з даної проблематики, вийшли з під пера вченого у Києві. Власне тому ми віддаємо пріоритет дослідженням Євгена Оскаровича на теренах України. Найбільшою і найфундаментальнішою працею вченого з цього питання стала його наукова праця «Дерев'яні мости» (1910), обсягом 660 с., яка стала підсумковим твором вченого на цю тему.

За визначеннями Є.О. Патона *мостами* називаються споруди, які служать для будівництва залізничної колії, звичайної дороги або каналу над річкою, балками (приярками) або звичайною дорогою. Якщо мости розташовували над сухими балками чи дорогами, їх називають *шляхопроводами* або *віадуками*. Мости, призначені для проведення на них каналу або водопроводу називаються *акведуками*. *Трубами* називаються мости, зверху покриті земляним насипом і призначені для пропускання води.

Будь-який міст складався із опор і прогонової споруди. Опори поділялись на *устої чи підвалини* (кінцеві опори) або *бики* (проміжні опори). Відстань між опорами називається *отвором мосту*, а відстань між осями опорних частин – *розрахунковим прогоном*.

*Прогоновою спорудою* мосту вчений називав сукупність усіх частин мосту за виключенням опор. Вона складалась із: 1) ферм, розташованих вздовж мосту і таких, що передають опорам навантаження мосту; 2) опорних частин, які служили для передання тиску від ферм на опори; 3) із поперечної конструкції, яка вміщувала в себе всі частини прогонової споруди, які, в свою чергу, підтримувались фермами.

*Ферми* складаються із поясів, їх заповнення або стінок між ними. Обриси поясів бувають прямі або криволінійні, відповідно до чого розрізняються ферми з паралельними або криволінійними поясами. *Стінка* могла бути суцільною або наскрізною. Остання складається із розкосів і стійок і називається *решіткою*.

Поперечна конструкція складається із проїжджої частини, тротуарів з перилами та із зв'язків між фермами (повздовжніх і поперечних). Стосовно

розташування проїжджої частини відносно ферм, мости поділяються на мости із їздою по верху та їздою по низу.

Безпосередньо перед приступанням до розробки проекту, Є.О. Патон визначався з планом мосту. Він поділяв мости на прямі, косі і мости на кривій (ферми кожного прогону розташовувались за напрямком дотичної, приведеної до кривої в середній точці прогону), а також визначав ширину мосту і висоту проїзду відносно до залізниці та типи поперечного перерізу для звичайних дерев'яних та металевих мостів.

У першій половині ХХ ст. мости будувались із трьох видів матеріалу: каменю, металу і дерева. Але дуже часто зустрічались такі мости, в яких ці три види матеріалу було поєднано. Наприклад, залізничні мости малих і середніх прогонів. В них опори були кам'яні, ферми залізні, а проїжджа частина – дерев'яна.

*Дерев'яними мостами* Є.О. Патон називав такі, де основним матеріалом було дерево. До того ж вони могли мати дерев'яні, кам'яні або металеві опори. За системами ферм дерев'яні мости поділялись на балочні і ферми з розпором. Термін придатності дерев'яного мосту складав приблизно 8-10 років. Якщо ж міст було покрито спеціальним дахом, то він міг проіснувати і в декілька разів довше.

Дерев'яні мости користувались великим попитом в країнах, багатих на ліс, таких як Російська імперія та Америка. І їх ще досить тривалий час будували через те, що вони вимагали невеликих коштів, зручності у виготовленні і короткого терміну будівництва. А це були саме ті умови, які часто відігравали головну роль у будівництві саме залізничних мостів, зокрема на залізницях другорядного значення. Адже на магістральних лініях дерев'яні мости на той час використовувались лише як тимчасовий варіант. Розглядаючи у даній роботі порівняльну характеристику дерев'яних і металевих мостів Є.О. Патон підкреслював, що не можна зупинятись лише на вартості виготовлення. До уваги він також брав вартість утримування і ремонту мосту, а також вартість відновлення мосту після певного терміну його експлуатації.

Стосовно матеріалу для дерев'яних мостів, Є.О. Патон зазначав, що в Російській імперії для цього використовували як листяний (дуб, вільха, бук), так і хвойний (ялина, сосна, піхта, модрина) ліс.

Хвойний ліс був більш популярним через те, що стовбури цих дерев прямі і мають менше гілок. Найчастіше використовувалась сосна. Модрина вважалась найкращим матеріалом проти впливу атмосферної дії. Дуб застосовували переважно для виготовлення балок і дрібних частин мосту. Вільха вважалась матеріалом, непридатним для споруд, які перебували на відкритому повітрі, натомість під водою вона зберігалась досить довго. В залежності від застосування, дерев'яні матеріали поділялись на частини: колоди, пластини, бруски, дошки, рейки та планки.

У своїй науковій праці «Дерев'яні мости» Є.О. Патон намагався якомога фундаментальніше охопити усі сторони виготовлення і використання дерев'яних мостів, тому на сторінках книги ми зустрічаємо й детальний опис породи дерева, його недоліки й хвороби, представлені з метою з'ясування усіх особливостей дерева для подальшого застосування в різних випадках практики.

Вчений зазначав, що найкращими умовами для зберігання дерева є сухість або постійне перебування під водою. Перепади умов вологості одразу ж руйнували дерево.

Найголовнішою фізичною ознакою дерева вчений називав міцність – опір розтягненню, стисненню, згину, зрізуванню і кручінню. Він також розглядав три види опору:

1. вздовж волокон;
2. радіальний – поперек волокон вздовж радіального напрямку серцевинних променів;
3. тангентальний – впоперек волокон по дотичній до окружності річних шарів.

Евген Оскарович зазначав, що лісовий матеріал є неоднорідним за своїми фізичними властивостями, які змінюються протягом часу. Різноманіття властивостей лісового матеріалу було пов'язане із різноманіттям порід дерев, їх

віком, умовами їх зростання. Також спостерігалась непостійність фізичних властивостей дерев навіть у однієї породи лісу. Тому таке поняття, як міцність лісового матеріалу було досить, на той час, невизначеним, на відміну від міцності металу. Тому й норми навантаження на дерево було встановити досить важко. У зв'язку з цим, Є.О. Патон закликав під час будівництва дерев'яних мостів використовувати найпростіші розрахунки, обходячи стороною складні теорії.

Цілий розділ у даній роботі було присвячено розрахункам навантажень на дерев'яні мости, що обов'язково робилось, перш ніж приступати безпосередньо до розрахунку мосту. Вчений подав детальний опис і поділив характеристики навантаження на:

- *постійне навантаження*, яке діяло тільки вертикально, і складалося з власної ваги ферм, ваги проїжджої частини, тротуарів, перил, ваги зв'язків між фермами;
- *тимчасове навантаження*:
  - вертикальне (поїзд, люди, коні, сніг, екіпажі);
  - горизонтальне (тиск вітру, бокові удари коліс, центробіжна сила в мостах на кривій).

Далі вчений перейшов до детального розгляду, опису та розрахунків самих мостів, а власне його розмірів, проїжджої частини та тротуарів. Важливою частиною *балочних мостів* були так звані прогони – балки, із яких складались ферми, і які були розташовані вздовж мосту, паралельно один до одного і підтримували проїжджу частину. Є.О. Патон виділив і детально розглянув чотири типи таких прогонів: одинарні, складні, складові і прогони з підбалкою.

Окреме місце у роботі належить дослідженню ферм підкосних мостів. *Підкосні мости* – це мости, прогони яких підтримуються підкосами в одній або декількох точках. Вчений виділив три основні системи підкосних ферм в залежності від розташування і способу закріплення верхнього кінця підкосів,

детально описав їх конструкції і застосування у будівництві: трапеціоїдально-підкосну; трикутно-підкосну; ригельно-підкосну.

Окрему групу мостів в роботі вченого займають дерев'яні *аркові мости*. Обриси арки могли мати різну форму: багатокутну, плавно-увігнуту, криволінійну (арково-підкосну).

*Арково-підкосні* ферми використовувались тоді, коли потрібно було перекрити прогін, не закриваючи отвору потрібного для судноплавства, сплаву або льодоходу. Плавно-увігнуті ферми вчений пропонував використовувати за значної конструктивної висоти з їздою по верху. Саме така конструкція мала низку важливих переваг:

- 1) арки під полотном проїжджої частини були захищені від вологи;
- 2) кількість арок і відстань між ними можна було обирати довільно;
- 3) виникала можливість облаштування солідних зв'язків між арками;
- 4) за конструкцією проїжджа частина виходила простішою;
- 5) збирання мосту обходилося дешевше.

При низькій конструктивній висоті, звичайно, будувались аркові мости з їздою по низу, які мали три основні типи арок (ферм):

- 1) з вертикальними підвісками;
- 2) з трикутною решіткою;
- 3) з решіткою із перехрещених розкосів (система Емі).

Класифікацію кожного виду аркових мостів, теоретичні розрахунки, конструкцію та функціональність ми також знаходимо у даній роботі.

Десятий розділ даної наукової праці автор присвятив мостам із *наскрізними балочними фермами*. Тут ми знаходимо і класифікацію наскрізних ферм за системою решітки (розкісні, дворозкісні, складні, дворешіткові, багаторешіткові). Окрему увагу в цьому розділі Євген Оскарівич приділив фермам американської системи Гау, яку проектували із металевими опорами і

дерев'яними розкосами. Інженер Гау, який розробив цю систему у 1840 р. вперше збудував такий міст. Надалі ферми системи Гау отримали найбільш широке поширення серед наскрізних дерев'яних балочних ферм і використовувались для прогонів від 20 до 50 м, а іноді і до 75 метрів.

Далі вчений представив опис ферм системи Ріхтера, яка вперше була представлена у 1887 р. у Львові. Особливістю цієї системи було особливе вузлове з'єднання, просте і функціональне за конструкцією, на відміну від складних вузлів системи Лонга. Розглянувши дві системи (Гау і Ріхтера) Є.О. Патон провів порівняльний аналіз і визначив, що ферми Гау були довговічнішими і простішими у конструкції і збиранні. Тільки їх основним недоліком була дорожнеча через велику кількість металевих і чавунних частин. А найголовнішою перевагою ферм Ріхтера було значне обмеження у використанні матеріалу.

Як відомо, значну частину мосту складають опори, в даному випадку дерев'яні, які вчений поділяв на *бики* (проміжні) і *устой* (кінцеві). Серед биків він визначив такі види, як: свайні, рамні, решіткові та ряжеві. Далі у роботі Євген Оскарович детально розглянув кожний з цих видів, наводить їх опис, показав типи, застосування та конструкцію, чим і завершив одну з своїх перших фундаментальних наукових праць, яка у наступні роки набрала широкої популярності у інженерів і мостобудівників.

Низка робіт вченого присвячена описові саме теоретичних розрахунків дерев'яних мостів на конкретних прикладах. Так, у роботі «Приклади розрахунку дерев'яних мостів» (1903) Є.О. Патон представив п'ять основних прикладів детальних розрахунків прогонових споруд під час будівництва дерев'яних мостів, серед яких розрахунки прогонових споруд залізничного мосту з фермами системи Гау і прогонових споруд залізничного мосту з фермами системи Тауна, підкісного залізничного мосту з прогонами по 10,5–7,0 і 3,5 м, прогонових споруд мосту під звичайну дорогу з дощатими фермами прогоном 27 м з їздою по верху, а також розрахунок дощатої балки прогоном



5,8 м для мосту під звичайну дорогу. Зупинимось детальніше на аналізі цієї роботи, адже вона є гарним прикладом інженерної творчості вченого.

Прогонова будова залізничного мосту з фермами системи Гау складалась із проїжджої частини і двох ферм системи Гау, з'єднаних між собою по верху і по низу горизонтальними зв'язками, а в вертикальній площині опорними і прогоновими поперечними зв'язками. В розрахунковому описі Є.О. Патон представив детальний опис проїжджої частини. Зокрема, конструкції, розрахунки, функції та розташування охоронних пристосувань, поздовжніх лежнів, поперечних балок, поясів, вертикальних і горизонтальних зв'язків, стиків поясів, розкосів, болтів, чавунних вузлових подушок, опорної стійки та опорної площадки. Стосовно матеріалу даний проект було розраховано на сосну найкращої якості згідно встановлених норм навантажень для сосни «Зведенням розпоряджень» Міністерства шляхів сполучення за 1900 рік. Окремо вчений представив основні розрахунки постійного та тимчасового навантаження, основні розміри мосту.

У другому розрахунковому прикладі прогонова будова мосту складалась із дерев'яної проїжджої частини і двох ферм системи Тауна, поєднаних між собою по верху і по низу горизонтальними зв'язками, а в вертикальній площині – опорними і проміжними поперечними зв'язками. Опис конструкції і розрахунків вчений представив за аналогічною схемою першого прикладу, детально зупинившись на описі ферм системи Тауна, розрахунках верхнього і нижнього поясу ферм, постійного навантаження ферм, розкосів ферм, опорних стійок, горизонтальних та вертикальних зв'язків.

Підкісний залізничний міст з прогонами по 10,5–7,0 і 3,5 м було спроектовано з підкосною системою на спайних опорах і розділено на 9 прогонів, із яких три середні прогони по 10,5 м з двома парами підкосів, два прогони по 7,0 м з однією парою підкосів і чотири прогони по 3,5 м без підкосів. При такій конструкції мосту розрахунковий прогін, який сягав 2,5 м, зберігався без змін на всій протяжності мосту. Зменшення прогонів в кінці мосту було необхідно для збільшення його поздовжньої жорсткості на випадок

дії напіранню землі і з метою запобігання розкачування мосту під час проходження поїздів. Матеріалом для даного мосту також служила сосна найкращої якості з допустимими навантаженнями згідно «Даних для проектування мостів за 1903 р.». Окрему увагу у цьому описовому прикладі слід приділити розрахункам прогонів, підрельсових поперечин, підкосів семиметрових прогонів, підкосів 10,5 – метрових прогонів, зтяжок, кореневих свай та стійкості мосту.

Прогонова будова мосту під звичайну дорогу з дощатими фермами, прогонами 2,7 м з їздою по верху, складалась із трьох дощатих ферм і з проїжджої частини з тротуарами. Потрібно зазначити, що дані дощаті ферми із суцільною стінкою відносились до ферм системи Тауна через те, що мали їхні характерні особливості. Тобто пояси були утворені з дощок, розташованих вертикальними шарами, а стінка складена із нахилених перехрещених дощок. Різниця полягала лише в тому, що дошки стінки було зсунуто щільно, а в фермах системи Тауна між цими дошками залишались просвіти. Цей міст будувався також із сосни, а нагелі і опорні подушки виготовлялись з дуба. Цікавими у цьому проекті є розрахунки ферм, верхнього і нижнього поясу, стінки, настилу проїжджої частини, поперечин проїжджої частини, тротуару, перил, а також способи кріплення поперечин до ферм.

Приклад розрахунку дощатої балки прогоном 5,8 м для мосту під звичайну дорогу облаштуванням і розмірами проїжджої частини і тротуарів є аналогічним до попереднього прикладу. Відмінність полягала лише в розмірі прогону, тому й було приведено до розрахунків такі показники, як вигинаючий момент і поперечна сила, визначено правила для підбирання перетину балки і розмірів нагелів, а також представлено графік співвідношення між діаметром колоди і розмірами прямокутного бруса.

Внесок Є.О. Патона у розробку проектів щодо будівництва дерев'яних залізничних мостів особливий. Безперечно, сьогодні багато з того, про що писав Є.О. Патон у свій час, застаріло. Однак, основи будівельної механіки дерев'яних мостів залишилися, і теперішні інженери-будівельники невеликих

дерев'яних мостів в Україні неодноразово звертаються до праць Є.О. Патона, черпаючи необхідні рекомендації, в першу чергу, стосовно використання дерева для мосту та усіх необхідних даних для будівництва мостів такого плану.

### ***Список використаних джерел***

1. Патон Е. О. Приклади розрахунку дерев'яних мостів під залізницю / Є. О. Патон. – К., 1903. – 160 с.
2. Патон Е. О. Приклади розрахунку дерев'яних мостів з фермами підкісної системи Гау і Тауна / Є. О. Патон. – К., 1903. – 120 с.
3. Патон Е. О. Дерев'яні мости / Є. О. Патон – К., 1910. – 660 с.
4. Патон Е. О. Атлас креслень до курсу дерев'яних залізничних мостів, читаному в Київській офіцерській залізничній школі в 1917 р. / Є. О. Патон. – К., 1917.–49 с.
5. Патон Е. О. Дерев'яні залізничні мости. Курс, читаний в Київській офіцерській залізничній школі / Є. О. Патон. – К., 1917. – 360 с.
6. Патон Е. О. Малі дерев'яні мости спрощеного типу / Є. О. Патон. – К., 1917. – 36 с.