

УДК 621.438 (09) (477)

С. О. Меньшиков*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»***ДІЯЛЬНІСТЬ ЛАБОРАТОРІЇ ШВИДКІСНИХ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ
У 1948–1960 рр.**

Розглянуто роботи, які Лабораторія швидкісних машин і механізмів виконувала у перші роки свого існування. Зважаючи на те, що це були перші роки після Великої Вітчизняної війни, виконувані роботи говорять про їх важливість для країни.

Ключові слова: Лабораторія швидкісних машин і механізмів, турбінобудування, Харківський турбогенераторний завод, газова турбіна.

Рассмотрены работы, которые Лаборатория быстроходных машин и механизмов выполняла в первые годы своего существования. Учитывая то, что это были первые годы после окончания Великой Отечественной войны, проводимые работы говорят об их важности для страны.

Ключевые слова: Лаборатория быстроходных машин и механизмов, турбиностроение, Харьковский турбогенераторный завод, газовая турбина.

The article describes the work that Laboratory of fast machines and mechanisms performed in the first years of its existence. Given that these were the first years after World War II, conducted the work speak for their importance to the country.

Key words: Laboratory of fast machines and mechanisms, turbinebuilding, Kharkov turbine generator plant, gas turbine.

У низці праць ми вже розглядали діяльність наукових установ і підприємств, які займалися дослідженням і виготовленням турбін і енергетичного обладнання. Серед організацій, які працювали над цими питаннями, особливе місце посідає Лабораторія швидкісних машин і механізмів, пізніше реорганізована в Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного. Історія діяльності і розвитку Інституту висвітлена недостатньо. А історія зародження і перших років роботи Лабораторії швидкісних машин і механізмів вивчена дуже слабо. Про роки діяльності лабораторії у Києві взагалі майже не збереглося інформації.

Створення лабораторії пов'язане з початком відновлення енергомашинобудівної галузі, зруйнованої війною, адже після звільнення окупованих фашистами українських територій визволителям залишилися зруйновані підприємства й енергетика. На відновлення в першу чергу енергетичної системи були кинуті всі можливі сили, бо для швидкої відбудови і пуску інших підприємств потрібна була електроенергія. Тому, навіть не чекаючи повної перемоги над фашистами, у звільнених містах були розгорнуті роботи з відновлення енергетики. Були не тільки проведені заходи з відбудови зруйнованих підприємств, а і створювалися нові наукові установи, завданням яких було проведення досліджень в енергомашинобудівній галузі. Однією з таких установ стала Лабораторія швидкісних машин і механізмів, заснована постановою Ради Міністрів УРСР № 810 від 17 липня 1944 р., і розпочала свою діяльність 01 жовтня 1944 р. у Києві. Керував нею академік Г. Ф. Проскура [17, с. 44–45].

Перші роки лабораторія хоч і виконувала свої обов'язки, та по суті була розкидана по інших наукових установах, бо не мала власного приміщення, про що свідчать архівні документи: «Лаборатория быстроходных машин работала неплохо, план выполняла. Однако Лаборатория не имела лаборатории, т. е. помещений и работала на базе лабораторий других институтов» [18, с. 278]. Тому на запит Президії АН УРСР Рада Міністрів УРСР постановою № 613 від 19 квітня 1948 р.

дозволила Академії наук УРСР перевести Лабораторію проблем швидкісних машин і механізмів із Києва до Харкова, об'єднавши її з Харківським філіалом Інституту теплоенергетики АН УРСР [17, с. 45].

Із переїздом лабораторії до Харкова у ній зав'язалась тісна і плідна співпраця з провідним турбінобудівним заводом СРСР – Харківським турбогенераторним заводом (ХТГЗ). Переїзд збігся з початком випуску на ХТГЗ парових турбін високих параметрів, у першому півріччі 1948 р. випущена турбіна високого тиску ВР-25, а у вересні – АК-50 (50 000 кВт) [20, арк. 206].

У розглянуті у статті роки лабораторія проводить велику кількість вагомих наукових робіт і досліджень на тему турбінобудування, в тому числі і в галузі динаміки і міцності машин [6–13; 15–20], які виконувались під керівництвом і за безпосередньої участі видатних науковців у цій галузі.

Ще напередодні війни в турбінобудуванні постала нова проблема – газова турбіна. В. М. Маковський довів можливість створення економічно ефективною газової турбіни; вона була виготовлена у 1940 р. [16, с. 17]. Під час війни для військових кораблів розроблявся легкий тип двигуна, і це також була газова турбіна. Цим питанням займалася кафедра турбінобудування ХПІ під керівництвом Я. І. Шнее в евакуації. Тому не дивно, що і після закінчення війни ця проблема не була забута [19, с. 75].

Багато робіт лабораторії були продиктовані потребами заводу у дослідженні турбін і процесів, що відбуваються в ній. Після переїзду до Харкова лабораторія одразу ж починає працювати у напрямках, які на той час були найнеобхіднішими для країни. Одним із таких напрямів і була газова турбіна. І передові роботи виконував відділ динаміки і міцності.

Так, у 1948 р. лабораторією виконувались такі роботи:

У відділі динаміки і міцності машин: «Исследование напряжений и деформаций в лопатках газовых турбин» за 1948 р. Вивчається вплив на міцність лопаток газових турбін, які працюють в умовах високих температур основних факторів (повзучість, концентрація напружень). Для виконання поставлених завдань був застосований енергетичний метод. Відповідальним виконавцем теми був членкор. АН УРСР А. П. Філіппов, виконавцями: А. Р. Сухоруков, Н. Н. Овчаренко, Т. А. Некрасова.

Головною метою було вивчити роботу лопаток газових турбін з урахуванням температур за спільної дії розтягнення, від дії центробіжних сил, і згину від тиску газу; вивчити вплив концентрації напружень у хвостовій частині лопатки з урахуванням повзучості; вивчити вплив високих температур на вібрації лопаток і з'ясування значення модуля пружності при вібраціях лопаток і основних частот коливань [1, с. 1–6].

У 1948 р. у відділі динаміки і міцності машин Лабораторії швидкісних машин і механізмів була складена політропічна ентропійна діаграма для повітря і продуктів згорання, побудована способом Цвейфеля і спеціально пристосована для розрахунків газових турбін, компресорів та турбореактивних двигунів; при її побудові був урахований ряд радянських та запублікованих досліджень і деякі оригінальні пропозиції автора.

Відмінною особливістю цієї ентропійної діаграми було те, що усі політропи в координатах $S-S_p$ є прямими лініями [2, с. 2].

А в теплотехнічній лабораторії в 1948 р. досліджувався процес автоматичного горіння в газотурбінних установках, виконавцями були кандидат технічних наук Б. І. Олексєєв, Г. Н. Фадєєв та інженер-експериментатор І. Є. Мустафа. Були розроблені і розглянуті дві схеми автоматичного регулювання. Виконано опис та кресленики розроблених та виготовлених конструкцій регулятора безпеки по обертах та регулятора безпеки по температурі газу для дослідної ГТУ [3, с. 1–3].

Вивченням газових турбін у лабораторії займався не тільки відділ динаміки і міцності, питаннями вдосконалення турбоагрегатів переймалися й інші відділи установи.

У відділі аерогазодинаміки робочих процесів турбомашин, яким керував старший науковий співробітник Д. Я. Алексапольський, у 1949 р. розроблялось кілька тем, серед них: «Осевой компрессор газотурбинной установки», «Аэрогазодинамическое исследование рабочих процессов газовых турбин» у двох частинах та інші.

У першій частині звіту за темою «Аэрогазодинамическое исследование рабочих процессов газовых турбин» описані роботи з проектування і виготовлення малої аерогазодинамічної установки з центробіжним компресором [4, с. 5–8].

У другій частині звіту проводиться дослідження характеристик турбомашин. У ті роки існував ряд методів побудови характеристик турбін і компресорів, але більшість з них (особливо для компресорів) відрізнялась надмірною складністю практичної побудови характеристик. У лабораторії були розроблені умови приблизної подоби у роботі турбомашин на стисненому газі, що відрізняються від умов подоби для турбомашин, які працюють на рідинах. Ці умови дозволили значно спростити методіку побудови універсальних характеристик компресора, а також і характеристик усієї газотурбінної установки в цілому. У результаті застосування умов приблизної подоби лабораторією була створена методіка побудови приблизних характеристик найпростішої газотурбінної установки, яка працює за відкритим циклом. Проведений у зв'язку з цим аналіз дозволив також рекомендувати формули для приведення результатів дослідного вимірювання до простого і легкого у застосуванні вигляду [5, с. 3].

Наступного, 1950-го року, у відділі динаміки і міцності машин лабораторії з проблем газової турбіни розроблялась тема, в якій вивчався напружений стан лопаток турбомашин при високих температурах. Виконавці – молодші наукові співробітники В. П. Кокоша та Т. А. Некрасова та інженери В. М. Десев і В. В. Бутковський. Крім цього, велася робота з виявлення напружень у хвостовиках лопаток. Для експериментальної перевірки напруженого стану проектувалась і виготовлялась відповідна апаратура [6, с. 4].

У відділі аерогазодинаміки за темою «Газова турбіна» була проведена велика робота, звіт якої склав чотири томи: «Газодинамическое исследование процессов работы отдельных узлов газотурбинного двигателя». На основі теоретичних та дослідних досліджень було вирішене питання визначення економічного співвідношення середніх швидкостей потоків у трубчатих теплообмінниках газових турбін і проведено порівняння теплообмінників протиструминного та перехресного типів. Крім цього, наводився метод вибору економічних діаметрів трубок та абсолютних значень середніх швидкостей потоків при економічних об'ємі та гідродинамічному опорі теплообмінника [7, с. 5].

Через аварії турбін, викликані вібрацією лопаток (у 1930-х рр. їх частка складала 20–22 % всіх аварій парових турбін) вивчення цього питання набуло важливості у турбінобудуванні. Багато досліджень в 1950-ті рр. було присвячено саме цій тематиці.

У 1951 р. у відділі динаміки і міцності деталей турбомашин розпочато роботи над проблемою № 3. В перший рік вивчалися характеристики розподілу напружень у хвостовиках турбінних лопаток. Визначався розподіл напружень у місці з'єднання диска з лопаткою, оскільки міцністю цього з'єднання визначається міцність лопатки. Враховуючи те, що елементарні методи підрахунку на міцність не дають відповіді про фактичний закон розподілу напружень, а також про розподіл тисків по опорних поверхнях, і виникла необхідність проведення цього дослідження спільно з ХТГЗ [8, с. 28].

Взагалі у 1951 р. у Лабораторії проблем швидкісних машин і механізмів АН УРСР під керівництвом дійсного члена АН УРСР Г. Ф. Проскури проведено порівняльні дослідження газотурбінних установок замкнутого циклу і газодинамічні дослідження роботи турбін. Розроблено проект осьового компресора для газотурбінної установки. Спроектовано і виготовлено гідромфти для автомашин. Досліджено напруження і деформації в лопатках турбін і розроблено методи розрахунків основних деталей турбін [9, арк. 43].

Проведені експериментальні дослідження підтвердили залежність декременту коливань від напруження. Цей експериментальний факт був покладений в основу методу розрахунку резонансних амплітуд коливань турбінних лопаток [8, с. 1].

У 1952 р. відділ динаміки і міцності деталей турбомашин продовжив розробку проблеми № 3 і вивчав коливання лопаток, ізолюваних та зв'язаних у пакет, та розробляв методи для їх розрахунків.

Головним питанням при вивченні вібрації турбінних лопаток є питання визначення частоти їх власних коливань. Визначення цих частот звичайно виконувалось шляхом розв'язання рівняння коливального руху. При цьому вважають, що лопатка жорстко закріплена одним кінцем. Також при використанні наближеного методу вважають, що лопатка закріплена жорстко. Насправді не можна вважати лопатку закріпленою основою достатньо жорстко. Тому слід було виробити нову методику розрахунків власних коливань турбінних лопаток [10, с. 1].

Цього ж року ще однією роботою з вивчення турбінних лопаток стало «Изучение напряжений в лопатках турбомашин», був виконаний розділ, в якому досліджувалися напруження у хвостових з'єднаннях лопаток парових турбін.

Це завдання лабораторія виконувала відповідно до договору про співдружність із ХТГЗ ім. С. М. Кірова. Вивчався характер розподілу напружень у різноманітних типах хвостових з'єднань турбінних лопаток із диском, які застосовують на заводі [11, с. 3].

За результатами досліджень лабораторія рекомендувала з метою зменшення концентрації напружень поблизу виточок, у ряді розрізів лопаток та обода диска, робити більші радіуси переходу від опорних площадок лопатки та диска, а також біля кореня хвостовика лопатки [11, с. 164].

До вивчення коливань лопаток, ізолюваних та зв'язаних у пакет, повернулись у 1954 р., коли метою робіт за даною темою було визначити вплив центробіжних сил і зв'язків на частоти коливань лопаток.

У результаті проведених досліджень був виявлений вплив різних факторів, які мають місце на практиці, на демпфірувальні властивості матеріалів. Отримані залежності дозволяють підрахувати коефіцієнти затухання, необхідні для приблизного визначення амплітуд вимушених коливань.

Наклепування зразка підвищує демпфірувальні властивості матеріалів. Загартування різко знижує демпфірувальні властивості матеріалу. При наближенні до рівноважної структури вони поступово підвищуються і досягають оптимального значення при високому і довгому відпуску (650–700 °C) або при відпалі, залежно від матеріалу [12, с. 4, 106–107].

У наступні роки лабораторія продовжувала дослідження розпочатих тем, запланованих на кількарічне виконання. У 1954 р. цей заклад очолив Анатолій Петрович Філіппов, а 1955 р. Лабораторію швидкісних машин і механізмів АН УРСР перейменовано на Лабораторію гідравлічних машин АН УРСР. Зміна назви була пов'язана зі зміною основного напрямку роботи. Газова турбіна в кінці 1950-х рр. була вже більш-менш освоєна і її випуск на підприємствах налагоджений. Профільні наукові установи країни починають займатися проблемами гідроелектростанцій. Не дивно, що назву лабораторії змінюють для відображення основного напрямку її роботи.

У 1957 р. за темою «Методы расчета напряжений в деталях турбомашин» був виконаний наступний її етап – «Расчет на изгиб круглых, кольцевых и секторных пластин переменной жесткости методом сеток» [13, с. 1]. А в 1959 р. за цією темою виконано дослідження з теоретичного та експериментального визначення вищих частот коливань пластин змінної товщини. Вивчався розрахунок лопатей гідротурбіни на коливання, а також аналізувалися причини виникнення коливань у гідротурбінах [14, с. 3].

Наступного року у відділі динаміки і міцності машин досліджувалася статична міцність пластин змінної жорсткості з закріпленням по контуру різного виду. У звіті викладено розрахунок на міцність методом Рітца лопатей низьконапірної гідротурбіни, яка розглядається як плоска пластина змінної жорсткості, що має у плані форму кільцевого сектора із затисненим внутрішнім дуговим краєм. Використовується декілька варіантів координатних функцій. Результати розрахунку конкретної лопаті ЛМЗ (ПЛ–510) порівнюються з експериментальними даними.

Такий інтерес до лопатей поворотно-лопатевих гідротурбін виник не на пустому місці, а тому, що лопаті в них є однією з найбільш навантажених деталей. У зв'язку зі складністю завдання найбільш перспективним уявляється використання наближених методів [15, с. 3–5].

Це далеко не всі роботи, які проводились у Лабораторії швидкісних машин і механізмів у досліджений період. Але за ними можна судити про найважливіші питання, які вирішували турбіністи протягом цього десятиліття. З них видно, що після закінчення війни і до середини 1950-х рр. на виробництві йде освоєння нового типу двигуна – газової турбіни, тому і наукові установи основні сили спрямовували у рамках дослідження цієї проблеми. А з середини 1950-х рр., коли вже більшість важливих питань газової турбіни вивчені і на виробництві налагоджено їх випуск, вчені переходять до інших досліджень. Країна дала завдання підвищити ефективність використання енергії річок, тому і науковці переходять до робіт з удосконалення гідроелектростанцій.

Лабораторія швидкісних машин і механізмів пройшла шлях від установи, яка займалася нагальними питаннями турбінобудування, до науково-дослідного інституту. Зараз це одна з провідних наукових установ, яка працює у галузі турбінобудування. Така наукоємна галузь потребувала залучення до роботи кращих науковців у цій сфері. В інституті працювали такі видатні фахівці як: академіки АН України Г. Ф. Проскура, А. П. Філіппов, Л. О. Шубенко-Шубін, В. Л. Рвачов, А. М. Підгорний. Зараз інститутом керує академік Ю. М. Мацевітий. Важливість виконуваних робіт та рівень науковців, які займалися цими проблемами, і дозволив ІПМашу досягти такого рівня.

Продовжуючи роботи в цьому напрямі, можна більш глибоко вивчити взаємозв'язок науково-дослідних установ та вишів із виробництвом та дослідити, як саме науковці сприяли розвитку промисловості та енергомашинобудування зокрема.

Бібліографічні посилання

1. Архів Інституту проблем машинобудування НАН України, – оп. 2, спр. № 13 на 83 аркушах. Исследование напряжений и деформаций в лопатках газовых турбин.
2. Архів ІПМаш НАН України, – оп. 2, спр. № 28 на 17 арк. Политропическая энтропийная диаграмма для расчета газовых турбин, компрессоров и турбореактивных двигателей.
3. Архів ІПМаш НАН України, – оп. 2, спр. 16 на 64 арк. Исследование процесса автоматизации горения в газовых турбинах.
4. Архів ІПМаш НАН України, – оп. 2, спр. 44 на 148 арк. Аэрогазодинамическое исследование рабочих процессов газовых турбин. Книга 1.
5. Архів ІПМаш НАН України, – оп. 2, спр. 46 на 115 арк. Аэрогазодинамическое исследование рабочих процессов газовых турбин. Книга 2.

6. Архів ІПМаш НАН України, – оп. 2, спр. 63 на 86 арк. Изучение работы лопаток с учетом связи с диском в условиях высоких температур.
7. Архів ІПМаш НАН України, – оп. 2, спр. 79 на 168 арк. Газодинамическое исследование процессов работы отдельных узлов газотурбинного двигателя;
8. Архів ІПМаш НАН України, – оп. 2, спр. 94 на 83 арк. Изучение характеристик распределения напряжений в хвостах турбинных лопаток.
9. Центральний державний архів громадських об'єднань України, ф. 1, оп. 24, спр. 1095.
10. Архів ІПМаш НАН України, – оп. 2, спр. № 130 на 64 арк. Изучение колебаний лопаток, изолированных и связанных в пакет, и разработка методов расчета их.
11. Архів ІПМаш НАН України, – оп. 2, спр. № 132 на 191 арк. Изучение характера распределения напряжений в хвостовых соединениях лопаток паровых турбин.
12. Архів ІПМаш НАН України, – оп. 2, спр. № 177 на 108 арк. Изучение колебаний лопаток, изолированных и связанных в пакет, и разработка методов расчета их.
13. Архів ІПМаш НАН України, – оп. 2, спр. № 228 на 31 арк. Расчет на изгиб круглых, кольцевых и секторных пластин переменной жесткости методом сеток.
14. Архів ІПМаш НАН України, – оп. 2, спр. № 302 на 330 арк. Теоретическое и экспериментальное определение высших частот колебаний пластин переменной толщины.
15. Архів ІПМаш НАН України, – оп. 2, спр. № 362 на 37 арк. Исследование статической прочности пластин переменной жесткости с разного вида закреплением по контуру.
16. ДАХО. – Ф. Р-1682 – оп. 13. – спр. 984. Отчет и справка о работе кафедры за 1963/1964 учебный год; 29 арк.
17. **Завистовская Е. И.** Проблемы прочности в турбостроении и развитие школы механики в НТУ «ХПИ» / Е. И. Завистовская, А. А. Ларин // Вестник НТУ «ХПИ», Серія: Історія науки і техніки. – Харьков : НТУ «ХПИ». – 2009. – Вып. 48. – С. 40–49.
18. Історія Національної академії наук України. 1946–1950: Ч. 1. Документи і матеріали / Упоряд. : Л. М. Яременко, С. В. Старовойт, О. М. Березовський, В. А. Кучмаренко. – К., 2008. – 604 с. – (Джерела з історії науки в Україні).
19. **Меньшиков С. О.** Співпраця кафедри турбінобудування ХПІ з Харківським турбінним заводом / С. О. Меньшиков // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Історія науки і техніки. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2012. – № 42 (948). – С. 73–80.
20. Центральний державний архів громадських об'єднань України, ф. 1, оп. 23, спр. 5125.

Надійшла до редколегії 30.11.2012

УДК: 331. 36.: 338. 45: 629. 7 (477. 64) «1950»

О. А. Бондарчук

Запорізький національний технічний університет

РОЗВИТОК СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ПРОФЕСІЙНИХ КАДРІВ У ГАЛУЗІ АВІАДВИГУНОБУДУВАННЯ В ЗАПОРІЗЬКОМУ РЕГІОНІ В 1950-х рр.

Запропоноване дослідження демонструє досвід ПАТ «Мотор Січ» 1950-х рр. у сфері професійної підготовки кадрів, що є унікальним надбанням колишнього СРСР та прикладом плідної роботи в цьому напрямі для сучасної авіаційної промисловості України. Цей період супроводжувався зміною назв структурного підрозділу, його керівників та розширенням завдань і повноважень.

Ключові слова: освіта, підготовка персоналу, школа майстрів, технологічний прогрес, професія, спеціальність, технічні курси, кваліфікація.

Предложенное исследование демонстрирует опыт ПАО «Мотор Сич» 1950-х гг. в сфере профессиональной подготовки кадров, который является уникальным до-