

С. А. НАЗАРЕНКО; Н. А. ТКАЧУК

## ОБЗОР НЕКОТОРЫХ КЛЮЧЕВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИССЛЕДОВАНИЙ УЧЕНЫХ НТУ «ХПИ» В ОБЛАСТИ ДИНАМИКИ КОНСТРУКЦИЙ

У статті виконано огляд етапів розвитку основних напрямків досліджень вчених і випускників НТУ «ХПІ» в галузі динаміки конструкцій: від будівельних стрижневих систем до унікальних космічних установок. Простежено еволюцію основних досягнень в XIX – XXI ст. в галузі теоретичного, експериментального і комп'ютерного дослідження науково-технічних проблем динаміки. Досліджено, як математизація дослідницької діяльності привела до появи нових моделей і методик аналізу динаміки конструкцій з багаторівневою структурою в умовах інтенсивного навантаження. Відтворена зміна організаційних форм роботи вчених від індивідуальної до колективної: створення лабораторій, галузевих НДІ і КБ, інститутів Академії наук, науково – навчальних кластерів і комплексів.

**Ключові слова:** динаміка, конструкція, теорія коливань, модель, методика, аналіз, вібрація, науково - навчальний кластер, машина.

В статье сделан обзор этапов развития основных направлений исследований ученых и выпускников НТУ «ХПИ» в области динамики конструкций: от строительных стержневых систем до уникальных космических установок. Рассмотрена эволюция основных достижений в XIX – XXI ст. в области теоретического, экспериментального и компьютерного исследования научно-технических проблем динамики. Показано, как математизация исследовательской деятельности привела к появлению новых моделей и методик анализа динамики конструкций с многоуровневой структурой в условиях интенсивных нагрузок. Представлено изменение организационных форм работы ученых от индивидуальной к коллективной: созданию лабораторий, отраслевых НИИ, институтов Академии наук, научно – учебных кластеров и комплексов.

**Ключевые слова:** динамика, конструкции, теория колебаний, модели, методика, анализ, вибрация, научно-учебный кластер, машина.

This paper reviewed and analyzed the stages of establishment and development of the main directions of research and pedagogic activity of scientists and graduates of National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" in the field of dynamics of constructions. The article considers the evolution of the main achievements of scientists and graduates of NTU "KhPI" in the 19 – 21 centuries in the field of theoretical, experimental and computer research of scientific and technical problems of constructions: from building rod systems to unique space installations. The beginning of the Ukrainian technical science in the field of dynamics is associated with the NTU "KhPI". It is shown how the mathematization of research activity led to the emergence of new models and techniques for analyzing the dynamics of constructions with a multilevel structure under conditions of intense loading. The fundamental scientific trends of dynamics of constructions in extreme loading were discovered and explored here. Changes in organizational forms of work of scientists from individual to collective are presented: the creation of laboratories, branch research institutes and design bureaus, institutes of the Academy of Sciences, scientific and educational clusters and complexes. The most important phases of formation and development of the research school of dynamics of constructions are shown. The world-famous scientists who worked at the NTU "KhPI" or graduated it are mentioned (V. Kirpichev, A. Lyapunov, V. Steklov, D. Zernov, Ya. Stolyarov, G. Proskura, G. Botezat, I. Babakov, V. Mayzel, A. Filippov, G. Lozino-Lozinsky, L. Landau, E. Lifshits, A. Volmir, B. Kogan, A. Bogolyubov, S. Bogomolov, E. Goloskokov, A. Podgorny).

**Keywords:** vibration, technique, analysis, dynamic, model, multilevel structure, intensive loading, scientific and educational clusters.

**Введение.** Необходимость проведения больших объемов расчетных и экспериментальных работ по отработке функционирования многообразных модификаций конструкций во всевозможных эксплуатационных режимах, внутренняя логика развития различных научных дисциплин обуславливают создание эффективных методов моделирования [1–5]. В статье сделан обзор эволюции основных направлений исследований ученых и выпускников НТУ «ХПІ» в области динаміки конструкцій: від будівельних стержневих систем до унікальних космічних установок.

В 1885 году открылся Харьковский практический технологический институт (ХПТИ), который с 1898 назывался Харьковский технологический институт (ХТИ), а с конца 1929 – Харьковский политехнический институт (ХПИ). В 1930 году на базе ХПИ в Харькове были организованы специализированные институты для подготовки инженерно-технических кадров, в т. ч. механико-машиностроительный

(ХММИ), электротехнический (ХЭТИ), авиамоторный (авиационный, ХАИ), инженеров железнодорожного транспорта (ХИИТ). В 1949 году произошло восстановление ХПИ (в настоящее время Национальный технический университет «ХПИ», НТУ «ХПИ») [1].

**Основная часть.** Первый директор ХПТИ **В. Л. Кирпичев** стремился к развитию математики, связанной с приложениями и включающей методы вычислений, т. е. получения решений практических задач в численном виде [1]. Он открыл значимость теоремы Рэлея (принцип взаимности реакций) для строительной механики. Почетный член многих Академий наук (АН) С. П. Тимошенко подчеркивал: «Благодаря Кирпичеву методы Рэлея нашли широкое применение в России, а позже и в других странах» [2].

Профессор Кирпичев заведовал механической лабораторией ХПТИ с 1886 по 1898 год, быстро ставшей лучшей в Российской империи. В ней проводи-

лись исследования влияния примесей; обработки и эксплуатации на механические свойства металлов [1].

Математизация проектной деятельности привела к появлению эффективных подходов и методик анализа механических систем: теории колебаний, гидродинамики; упругости, аэродинамики [3]. Рост запросов к мощности машин с синхронным снижением их веса, появление турбин и двигателей существенно увеличили значимость проблем механических колебаний.

В знаменитой книге В. Л. Кирпичева «Беседы о механике» (шестое издание – 2008 год) рассмотрены общие законы динамики; теорема о подобии в динамике, устойчивость гироскопа, динамические модели; вертикальное падение тяжелого тела, снабженного парашютом; гармоническое движение в машинах; колебания, когда действует сопротивление, пропорциональное скорости; колебания регуляторов паровых машин, принужденные (насильственные) колебания, накопление колебаний (резонанс); случай, когда действует несколько периодических сил и др.

В. Л. Кирпичев привлек к чтению в ХПИ с 1887 по 1894 год курса аналитической механики начинающего приват-доцента **А. М. Ляпунова**. В тот период ученый написал докторскую диссертацию «Общая задача об устойчивости движения», ставшую всемирно известной. В этой основополагающей работе А. М. Ляпунов создал теорию устойчивости равновесия и движения механических систем, определяемых конечным числом параметров [3–5].

Курс лекций по геодезии (1886–1893) в ХПИ читал **Г. В. Левицкий** (в дальнейшем Председатель Русского астрономического общества), изучавший микроколебания земной поверхности, стараясь найти критерии для предвидения землетрясений [6].

С 1893 по 1905 год курсы лекций по аналитической механике в ХТИ вел **В. А. Стеклов**. В 1901 г. он получил степень доктора прикладной математики после защиты диссертации «Общие методы решения основных задач математической физики» [6]. Разработанная им методика заключалась в разложении решений краевых задач в ряды по собственным (фундаментальным) функциям. Работы Стеклова по уравнениям в частных производных касались и колебаний упругих (или квазиупругих) тел. Первый вице – президент АН СССР дал теоретическое обоснование решений задачи о колебаниях неоднородной струны или стержня при установленных граничных и начальных условиях. В области гидродинамики создателю и первому директору Физико-математического института АН принадлежит открытие нового класса интегрирующихся случаев движения твердого тела в жидкости, теории вихревых движений жидкости; работы по движению твердого тела с полостью, заполненной жидкостью.

Последним научным трудом В. Л. Кирпичева стала работа «К вопросу об усталости металлов», опубликованная после его смерти благодаря его ученикам А. М. Драгомирову и Н. Н. Давиденкову [1]. В ней ученый излагал результаты исследований, основанных на новом направлении по изучению структурных изменений, появляющихся под действием упругих и пластических деформаций. Среди монографий

Академика АН УССР Н. Н. Давиденкова, работавшего в Харькове, выделим «Проблема удара в металловедении» и «Динамические испытания металлов».

Среди учеников В. Л. Кирпичева отметим С. П. Тимошенко, Д. С. Зернова, Б. Г. Галеркина, А. Н. Динника, А. А. Радцига, И. И. Бобарькова, В. Э. Тира [1]. Один из создателей Украинской Академии Наук, «отец американской инженерии» Тимошенко опубликовал книги: «Теория колебаний в инженерном деле», «Проблемы вибраций в технике», «Advanced dynamics», «Прочность и колебания элементов конструкций», «Dynamique superieure» и многие другие.

Выпускник и заведующий кафедрой общего машиностроения ХТИ **В. Э. Тур** был автором труда «Возможность получить выражение общего закона сопротивляемости материалов переменным силам и обоснование на нем выбора допускаемых напряжений» (1910) [6]. Академик АН УССР и СССР А. Н. Динник, учившийся и работавший у В. Л. Кирпичева, внес вклад в теорию колебаний анизотропной среды. Методы Академика Галеркина давно и широко известны во всем мире, используются в задачах математической физики как для решения дифференциальных уравнений с частными производными, так и для формирования уравнений метода конечных элементов.

С 1898 до 1903 года директором ХТИ был **Д. С. Зернов**. В его книге «Прикладная механика» вторая часть посвящается общей теории машин и их динамике (регулирование хода движения, основы учения о вредных сопротивлениях – трении скольжения, качения и гибких тел). В курсах лекций по паровым машинам профессор рассматривал также проблемы регулирования, заложив начало симбиоза механики машин, термодинамики и теории управления [7].

Ученик Кирпичева и Зернова, выпускник ХТИ **М. А. Воропаев** был ассистентом и соавтором основателя прикладной механики сплошных сред Тимошенко. Воропаев впервые в мире исследовал механические свойства разных сортов чугуна при повторных нагружениях, продолжив работы Кирпичева по усталости конструкционных материалов [1]. У Воропаева учились будущие академики АН УССР: директор Института строительной механики Ф. П. Белякин, Г. И. Сухомел и А. О. Василенко. Преподаватель ХММИ, директор Института машиноведения и сельскохозяйственной механики **А. О. Василенко** исследовал динамику аграрных устройств.

В 1901 году Д. С. Зернов пригласил в ХТИ своего ученика в Московском техническом училище **Г. Ф. Проскуру**, в дальнейшем основоположника гидроаэродинамики и гидромашиностроения в Украине.

Выпускник ХТИ 1908 года **Г. А. Ботезат** в 1911 году с большим успехом в Сорбонне защитил первую в области авиации докторскую диссертацию по исследованию устойчивости аэроплана. Одним из первых он провел исследования роли демпфирования в обеспечении устойчивости полета. Ученый с мировой известностью разработал метод малых возмущений для решения задач об устойчивости самолета и по праву может считаться одним из основоположников науки о динамике полета летательных аппаратов [8].

Исследования в области аэродинамики проводили выпускники и преподаватели ХТИ: **Д. Н. Ксандров**, впоследствии первый декан факультета самолетостроения ХАИ; **А. И. Борисенко** и **Я. Л. Геронимус**, Заслуженные деятели науки и техники УССР и др. [6].

Зав. механической лабораторией ХТИ (базовой в Украине) **А. С. Иловыйский**, известный специалист в области строительной механики, стержневых систем и сыпучих тел, динамики и гидротехники; стал Заслуженным деятелем науки и техники УССР [6].

Выпускник ХТИ 1902 года **Я. В. Столяров** не только провел классические исследования в области динамики механизмов и машин; но и стал автором первой в Российской империи книги, содержащей подробные сведения о способах расчета и испытаний на прочность железобетонных изделий [6].

В пору сооружения Госпрома, символа Харькова, это был самый большой в СССР (по другим данным, в Европе) «небоскреб» из монолитного железобетона. Исполнованию железобетона содействовали значительные достижения в создании теории расчета сложных пространственных железобетонных конструкций научной школы профессора Столярова.

Украинский НИИ промышленных и гражданских сооружений, основу которого составляли выпускники и преподаватели ХТИ, был головной научной организацией по строительству в республике. Зам. директора по научной части был Столяров. Директором Киевского филиала НИИ был вице-президент АН УССР, директор Института строительной механики К. К. Симинский, ученик Кирпичева и преемник Воропаева на посту главы кафедры сопротивления материалов Киевского политехнического института. Научную деятельность начал в НИИ сооружений Н. В. Корноухов, позднее директор Института строительной механики АН УССР (ныне Институт механики НАН Украины).

Выпускник 1920 года и преподаватель ХПИ **А. П. Филиппов** с 1930 года возглавил группу по теории колебаний Украинского НИИ сооружений. В 1935 году его статья «Вынужденные поперечные колебания стержней при учете затухания» была представлена академиком А. Н. Крыловым в «Известия АН СССР» [9]. Филиппов возглавил с 1937 года отдел динамики и прочности Центрального НИИ строительных материалов. Среди его трудов довоенного периода отметим «Вибрации рамных конструкций» и «Колебание перекрытий и рамных каркасов».

Председатель гидротехнической секции НТО ВСНХ Украины Г. Ф. Проскура выступил с докладом «Вихревая теория ветряка» на Украинском энергетическом съезде (1928). Под его руководством в НИИ промышленной энергетики Украины (УНИИПЭ) группа выпускника 1925 года и преподавателя ХТИ **Д. Я. Александровского**, в дальнейшем Заслуженного деятеля науки и техники Украины, спроектировала ветросиловую станцию мощностью 4500 кВт [6].

Руководителем ветросекции Б УНИИПЭ работал один из основоположников космонавтики Ю. В. Кондратюк [8]. Он предпочел создание в Харькове проекта крупнейшей в мире ветроэлектростанции Крым-ВЭС на 12 МВт работе в группе изучения реактивного

движения (ГИРД). Члены команды Кондратюка – Н. В. Никитин и Б. А. Злобин стали лауреатами Ленинской премии за создание Останкинской телебашни, при строительстве которой были использованы разработки по вращающейся 165-метровой мачте ВЭС и опыт Харьковской школы создания высотных конструкций.

В наше время исследования динамики силовых элементов ветроэнергетических установок проводятся в НТУ «ХПИ» на кафедре «Теория и системы автоматизированного проектирования механизмов и машин» (заведующий – профессор **Н. А. Ткачук**) [10].

Заместитель директора по научной и учебной работе (проректор) ХТИ, ХПИ, ХММИ **И. М. Бабаков** читал курсы лекций по прикладной математике, теоретической механике, устойчивости равновесия и движений. Его научные исследования относятся к теории колебаний и устойчивости механических систем. Им был разработан так называемый обратный метод расчета собственных частот крутильных колебаний коленчатого вала, дано обобщение его на случай поперечных колебаний (в частности, и многопролетных валов); выполнены работы по вынужденным колебаниям. Фундаментальный труд «Теория колебаний» (4 издания) Заслуженного деятеля науки УССР (1962) был утвержден как учебное пособие для машиностроительных вузов страны [11].

Выпускник ХТИ, профессор **В. М. Майзель** заведовал в ХММИ специальностью «Динамика машин» (в дальнейшем кафедра «Динамика и прочность машин» (ДПМ) [12]. Практически одновременно специальность «Динамические явления в машинах и механизмах» была организована в Ленинградском политехническом институте под руководством Заслуженного деятеля науки Е. Л. Николаи, ученика В. Л. Кирпичева. В 1961 г. специальность ДПМ появилась в Московском высшем техническом училище. Затем она была введена в двенадцати вузах СССР [13].

Продолжая преподавать, член-корреспондент АН УССР Майзель стал в 1939 заведующим отделом динамики энергетических машин Института энергетики АН УССР. Под его руководством был разработан и изготовлен специальный тензометр для записи статических и динамических напряжений в деталях сложных конфигураций самолета во время полета [12].

Ученик Майзеля, выпускник и преподаватель ХММИ **А. Н. Боголюбов**, стал членом – корреспондентом АН Украины, лауреатом премии им. Н. М. Крылова за цикл работ «Розвиток та дослідження конструктивних методів розв'язання задач нелінійної механіки та математичної фізики» и Международной премии им. А. Койре [12].

С 1934 по 1941 год механической лабораторией заведовал выпускник и преподаватель ХММИ **А. С. Вольмир**. В дальнейшем его научная деятельность была связана с исследованием влияния динамических нагрузок на прочность и устойчивость конструкций. Им были найдены новые принципы расчета тонкостенных конструкций на динамические нагрузки, оказавшие существенное влияние на методы их проектирования. Заслуженный деятель науки и техники опубликовал монографии, посвященные колебани-



ям, флаттеру и автоколебаниям сложных структур на базе прикладных многоуровневых методов исследований. Книги Вольмира были переведены на английский, китайский, немецкий, румынский языки [13].

Я. В. Столяров в 1934 году основал в ХИИТ кафедру «Строительная механика». Среди приглашенных им на кафедру выпускников и преподавателей ХТИ (ХПИ) выделим **В. К. Глазовского**, **Н. С. Ракивненко**, **В. И. Ангелейко**, в дальнейшем Заслуженного деятеля науки и техники Украины. Зав. кафедрой ХИИТ «Строительная механика» Ракивненко написал ряд научных трудов в области экспериментальных исследований и динамических расчетов конструкций в мостостроении [6]. Среди обучавшихся в тот период на кафедре отметим В. О. Кононенко, в дальнейшем академика и директора Института Механики АН УССР. Премия им. Н. М. Крылова АН УССР ученому присудили за цикл работ «Исследование динамического взаимодействия систем с источником энергии». Среди аспирантов В. О. Кононенко выделим будущих академиков АН СССР и директоров Института машиноведения К. В. Фролова и Р. Ф. Ганиева.

Зав. кафедрой теоретической физики (1932–1937) ХММИ **Л. Д. Ландау** в соавторстве с выпускником физико-механического факультета (1933) и преподавателем (1933–1939) **Е. М. Лифшицем** издали в 1935 руководство и задачник по теоретической физике, первой частью которых была «Механика». Проект большей частью соответствовал программе изложения будущего «Курса теоретической физики», некоторые задачи в дальнейшем вошли во все его издания [3, 14].

В 1937 году Ландау и Лифшиц завершили первый том «Курса», который в 1938 г. был издан в СССР и Англии. В 1944 г. вышла их книга «Механика сплошных сред», впоследствии разделенная на 6-й том «Гидродинамика» и 7-й том «Теория упругости». В самом популярном их труде «Theory of Elasticity» (более 35000 цитирований в мировой научной литературе согласно аналитико-информационной системе Google Scholar) теория упругости излагается как часть теоретической физики, рассматриваются ряд вопросов теории упругих колебаний и волн. В 1962 г. академики АН СССР Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц за создание всемирно известного многотомного «Курса», считающегося энциклопедией теоретической физики, были удостоены Ленинской премии в области науки.

Выпускник и ректор ХТИ **Я. М. Майер** стал директором Украинского НИИ двигателей внутреннего сгорания (в дальнейшем Украинского научно-исследовательского авиационного института), созданного на базе его лаборатории ДВС и территориально размещенного в ХММИ [6]. Здесь начал свою научно-производственную деятельность выпускник Киевского автомобильного техникума В. Н. Челомей, в дальнейшем автор ряда мировых открытий по динамике машин, теории колебаний, динамической устойчивости упругих систем; председатель редакционного совета справочника в 6-ти томах «Вибрации в технике». Далее будущий Академик, Лауреат 4-х Государственных премий СССР в области науки и техники, Золотой медали им. А. М. Ляпунова АН СССР (1977)

учился в Киеве у Академика Д. А. Граве, бывшего преподавателя ХТИ, и Н. И. Ахизера, в дальнейшем члена-корреспондента АН УССР и первого заведующего кафедрой теоретической и математической физики (ТМФ) ХММИ (ХПИ) в 1947–1955 гг.

Ученики профессора Я. М. Майера – **Ю. А. Гонн** и **Л. И. Штейнвольф** в ХММИ проводили перед войной исследования маятниковых антивибраторов.

Зарождение моделирования в науке связано с появлением понятия «подобие», применявшимся для решения ряда задач строительной механики, а после этого перешедшим в иные области техники. Формирование данного типа моделирования привело к образованию теории, именуемой порой теорией подобия. В. Л. Кирпичев, первым из ученых в Российской империи, поставил вопрос о теории подобия физических процессов и вывел условия подобия при упругих явлениях [14]. Профессор ХТИ, ХММИ и ХПИ; член Президиума и председатель отделения технических наук АН Украины Г. Ф. Проскура разрабатывал теорию подобия в гидроаэродинамике и закон динамического подобия турбомашин. В. М. Майзель применил теорию подобия при исследовании и моделировании задач прочности, устойчивости, колебаний.

Выпускник ХММИ **В. Н. Еришов**, в дальнейшем научный руководитель отраслевой (Минавиапром СССР) научно-исследовательской лаборатории аэродинамики компрессоров авиационных ГТД, Заслуженный работник высшей школы УССР, на основе им предложенного принципа «максимума правдоподобия» в ХПИ защитил докторскую диссертацию. Теория подобия является важной составляющей аналогового моделирования. Выпускник ХЭТИ, лауреат Государственной премии СССР **Б. Я. Коган** был одним из первых, кто начал научные исследования и разработку теории и методов математического моделирования с применением аналоговых и гибридных вычислительных систем для исследования сложных динамических систем, прежде всего систем управления [5].

Выпускник кафедры ДПМ ХММИ **А. В. Дабагян**, в дальнейшем исполняющий обязанности ее заведующего, Заслуженный работник высшей школы Украины, защитил в 1947 году кандидатскую диссертацию по теме «Электрическое моделирование колебаний танка при движении по пересеченной местности».

Заведующий кафедрой ДПМ ХММИ и ХПИ с 1948 по 1960 год; руководитель Лаборатории гидравлических машин, Харьковских филиалов Института механики и технической теплофизики АН УССР **А. П. Филиппов** основал и возглавил научное направление, связанное с анализом прочности элементов машиностроительных конструкций в условиях интенсивных динамических нагрузок при учете высокотемпературных полей и воздействия среды [9].

Под его руководством по решению Совета министров СССР в 1956 г. была организована проблемная лаборатория «Динамическая прочность деталей машин», которая была первой такого типа в ХПИ. В ней был создан под руководством А. Н. Подгорного (в дальнейшем первый директор Института проблем машиностроения АН УССР) в 1961 году первый в Ук-

раине научный экспериментальный комплекс «ВРД – 500» для исследования несущей способности моделей дисков и роторов турбомашин в условиях больших скоростей вращения и высоких температур [13].

Лаборатория внесла значительный вклад в разработку целого ряда проблем динамики турбомашин, авиационных газотурбинных и тепловых двигателей, высоконагруженных машиностроительных конструкций и сооружений, различных образцов новой техники; внедрение применения ЭВМ для расчетов колебаний, а также в подготовку научно-педагогических кадров [13]. Здесь работали 9 докторов и более 70 кандидатов наук. Опыт создания базовых и проблемных лабораторий в ХПИ был одобрен Минвузом УССР и распространен на другие вузы республики.

Выпускник ХТИ **А. М. Соифер** стал первым директором Куйбышевского авиационного института (ныне национальный исследовательский Самарский аэрокосмический университет им. С. П. Королева) и организовал в 1958 первую в СССР отраслевую научно-исследовательскую лабораторию (ОНИЛ-1) «Вибрационная прочность и надежность авиационных изделий», в настоящее время носящую его имя [3]. Основным направлением исследований его научной школы являлось конструктивное демпфирование.

Среди учеников академика АН УССР А. П. Филиппова были выпускники, а затем и профессора ХПИ, лауреаты Государственной премии Украины в области науки и техники: **С. И. Богомолов**, **Е. Г. Голоскоков**, **А. Н. Подгорный**, **В. В. Бортовой**, **Ю. С. Воробьев**, **В. Б. Гринев** и другие. Обзор деятельности руководимых ими научных коллективов до 2005 г. содержится в монографии **О. К. Морачковско-го** [13]. Среди фундаментальных трудов лауреата Государственной премии Украины, Заслуженного деятеля науки и техники УССР А. П. Филиппова отметим «Колебания упругих систем» (1956 год); «Колебания механических систем» (1965 г.); «Динамическое воздействие подвижных нагрузок на стержни» (соавтор – С. С. Кохманюк, 1967 г.); «Колебания деформируемых систем» (1970 г.); «Расчет на колебания с использованием электронно-вычислительной техники» (Ю. С. Воробьев, С. С. Кохманюк и др., 1974 г.); «Деформирование элементов конструкций под действием ударных и импульсных нагрузок» (С. С. Кохманюк, Е. Г. Янютин, 1978); «Оптимизация стержней по спектру собственных значений» (В. Б. Гринев, 1979). Известный ученый в области динамики лопаточного аппарата турбомашин **Ю. С. Воробьев** сменил своего Учителя на посту заведующего отделом нестационарных механических процессов в ИПМаше АН УССР.

Профессор **Л. И. Штейнвольф** создал в рамках проблемной лаборатории научную группу по динамике боевых и транспортных машин, их двигателей и силовых передач. Среди его учеников отметим **В. Н. Карабана**, **В. Н. Митина**, **В. М. Шатохина**, **Ю. М. Андреева**, **Е. И. Дружинина**, **А. А. Ларина** [13]. Программный комплекс КиДиМ, созданный его научной группой и основанный на использовании специально созданной системы компьютерной алгебры, применяется при математическом моделировании динамиче-

ских процессов для широкого класса дискретных механических систем со стационарными и нестационарными, голономными и неголономными связями.

В ХПИ заведующий кафедрой ДПМ с 1960 по 1991 гг., дважды лауреат Государственной премии Украины **С. И. Богомолов** сформировал научное направление – колебания сложных механических систем. Его докторская диссертация (1969 год) была посвящена проблемам взаимосвязанных колебаний в турбомашине. Созданные уникальные установки позволили исследовать колебания дисков и рабочих лопаток при высоких температурах [13]. Под руководством Богомолова защитили кандидатские диссертации **А. М. Журавлева**, **В. Н. Грищенко**, **В. А. Жовдак**, **Б. С. Лукин**, **В. Л. Хавин**, **С. К. Шелковий**, **С. П. Излин**, **Е. П. Петров**, **С. А. Назаренко** и другие ученые.

С 1965 года в Харькове начал издаваться Республиканский межведомственный научно-технический сборник «Динамика и прочность машин» [13]. В 1977 году в ХПИ был организован один из первых в стране специализированный Ученый Совет по защита кандидатских и докторских диссертаций по специальности 01.02.06 – динамика, прочность, надежность машин, приборов и аппаратуры.

На базе Специальных КБ Харьковских заводов имени Т. Г. Шевченко и «Коммунар» в 1959 было организовано Особое конструкторское бюро (ОКБ-692, а/я 67, КБ «Электроприборостроения», ОАО «Хартрон») по системам управления (СУ) межконтинентальных ракет [5, 8]. С самого начала в ОКБ решались проблемы колебаний (например, акустические и вибрационные нагружения ракеты, движущейся в шахте; вибропрочность приборов СУ и др.). Впервые в СССР в ОКБ-692 была решена проблема устойчивости ракеты при колебаниях жидкости в топливных баках.

В 1964 году по инициативе Главного конструктора КБ «Электроприборостроения» В. Г. Сергеева и профессора кафедры ДПМ А. В. Дабагына в ХПИ была открыта кафедра «Автоматическое управление движением» (АУД) [13]. Первоначально кафедра АУД, учившая инженеров-механиков-исследователей по специальности «Динамика полета и управление движением ракет и космических аппаратов», размещалась территориально на кафедре ДПМ.

ОКБ-692 стал одной из трех организаций в бывшем СССР и единственной в Украине, создававшей СУ для ракет и космических аппаратов (КА). В научных исследованиях решались проблемы динамики систем с дискретным управлением [5, 8].

КБ «Электроприборостроения» были созданы СУ для четырех поколений межконтинентальных баллистических ракет, трех поколений космических ракет-носителей, многих типов искусственных спутников земли и КА [11]. Лауреатами Государственных премий СССР и Украины в области науки и техники стали выпускники ХПИ: Генеральные и Главные конструкторы СУ ракет **Я. Е. Айзенберг**, **Г. А. Борзенко**, **А. И. Кривоносов**, **В. А. Уралов**, **В. Н. Горбенко**, **Г. И. Лящев**; начальники отделов **Б. М. Конорев**, **В. Ф. Шишков** и др. В разработках «Хартрона» участвовали выпускники ХПИ – Главные конструкторы **А. Н. Кал-**

ногуз, Ю. М. Борушко, Б. Н. Гавранек и др.

Основоположник новой ветви средств выведения – авиационно-космических транспортных систем, выпускник ХММИ **Г. Е. Лозино-Лозинский** привлекал сотрудников и выпускников ХПИ к разработке уникального космоплана «Буран». Работы по динамике конструкций в ХПИ возглавлял Заслуженный деятель науки и техники Украины С. И. Богомолов [8].

В ХПИ Заслуженный работник высшей школы Украины **Е. Г. Голоскоков** основал научное направление – нелинейные и нестационарные колебания механических систем. Совместно с Филипповым он издал книги «Нестационарные колебания механических систем» (1966 г.) «Instationare Schwingungen mechanischer Systeme» (Berlin: Akademie-Verlag., 1970); «Нестационарные колебания деформируемых систем» (1977). Среди аспирантов Голоскокова отметим **Д. К. Овчарову, В. И. Лавинского, Н. Е. Исикова, Ю. И. Зайцева, А. Л. Ключника, С. Е. Гардера** [13].

С 1969 на кафедре ТМФ ХПИ под руководством заведующего **В. Л. Рвачева**, в дальнейшем академика НАН Украины, Почетного доктора Висконсинского университета, начинаются исследования в области теории R-функций [13]. Научная школа Заслуженного деятеля науки и техники Украины, Лауреата Государственной премии в области науки и техники и премии АН УССР им. А. Н. Динника, Соросовского профессора Рвачева насчитывает 60 кандидатов и 18 докторов наук, 2 члена-корреспондента НАН Украины.

Зав. кафедрой паровозостроения (локомотивостроения) ХММИ и ХПИ, Заслуженный деятель науки УССР (1982) **С. М. Куценко** создал новую теорию пространственного вписывания локомотива в кривые, основанную на математическом моделировании колебательных процессов конструкции тепловоза.

Выпускник кафедры ДПМ, Лауреат Государственной премии **В. А. Марцинковский** создал и возглавил кафедру теоретической механики и динамики энергетических машин в Сумском государственном университете [13]. Выпускник и преподаватель ХПИ, Заслуженный деятель науки УССР (1980) **П. М. Заика** занимался проблемой применения вибрационной техники для создания семяочистительных машин.

Выпускник ХПИ, Лауреат Государственной премии, член-корреспондент НАН Украины **А. А. Тарелин** разработал методы оптимального комплексного проектирования последней ступени турбины с учетом требований термогазодинамики, статической и динамической прочности, конструирования и эксплуатации [3]. Выпускник и профессор ХПИ, член-корреспондент НАН Украины **А. Е. Божко** исследовал проблемы надежности и ресурса машин, динамических испытаний и активной виброзащиты.

Участие выпускников и профессоров ХПИ **С. И. Богомолова, В. В. Бортового, В. Б. Гринева, Ю. Т. Костенко, В. М. Лукьяненко, Л. М. Любчика, Э. А. Симсона** в разработке теоретических основ автоматизированного оптимального проектирования конструкций машин и приборов, создание на этой базе образцов турбокомпрессорной и космической техники было отмечено Государственной премией Украины в

области науки и техники за 1997 год [3, 13]. Авторами были получены новые научные результаты по методам решения обратных задач динамики.

Выпускник кафедры АУД, профессор ХПИ **Е. Е. Александров** в 1996 г. стал лауреатом премии Ярослава Мудрого за разработку метода оптимизации динамических систем с помощью функций Ляпунова. Ему как члену авторского коллектива была присуждена Государственная премия Украины 2000 г. за разработку теории и практики создания многоканальных систем управления транспортными объектами. Под руководством Заслуженного деятеля науки и техники Украины выпускник кафедры АУД, Лауреат Государственной премии, заместитель Генерального конструктора Государственного предприятия «Харьковское конструкторское бюро по машиностроению» **Ю. И. Волченко** защитил кандидатскую диссертацию.

В НТУ «ХПИ» образована в 2002 году кафедра газогидромеханики и тепломассообмена, которую возглавил выпускник кафедры ДПМ **Ю. М. Мацевитый**, Заслуженный деятель науки и техники, академик и директор ИПМаш НАН Украины. Он и выпускники ХПИ – руководитель отдела вибрационных и термочностных исследований ИПМаш им. А. Н. Подгорного **Н. Г. Шульженко, П. П. Гонтаровский** и **В. Н. Голощанов** в 2008 г. были удостоены Государственной премии Украины. Разработанные ими комплексы диагностики вибрационного состояния турбоагрегата на всех режимах работы обеспечивают повышение уровня его технологической безопасности и эксплуатационной надежности [3].

Выпускник и сотрудник кафедры ДПМ **А. П. Зиньковский** стал заведующим отделом колебаний и вибрационной надежности, зам. директора Института проблем прочности НАН Украины. Заместитель председателя Национального совета Украины по машиноведению выполнил комплекс исследований по изучению закономерностей колебаний регулярных механических систем с нарушенной симметрией. Председатель Оргкомитета Международной научно-технической конференции «Проблемы динамики и прочности в газотурбиностроении» являлся ученым секретарем Научного совета по проблеме «Механика деформируемого твердого тела» НАН Украины; одним из разработчиков стандарта ДСТУ 2473-94 «Механические колебания. Термины и определения».

Выпускник и сотрудник каф. ДПМ **Е. П. Петров** работал в Imperial College London (Centre of Vibration Engineering), был сопредседателем сессий Международных конгрессов ASME «Turbo Expo» и симпозиумов стран НАТО «Многоцикловая усталость» [13].

В настоящее время в НТУ «ХПИ» под научным руководством заведующего кафедрой ДПМ, профессора **Г. И. Львова** разрабатываются математические модели описания нелинейного деформирования современных материалов; методы решения задач динамики и прочности машин и конструкций при взаимодействии тепловых, электромагнитных и механических полей. На кафедре ДПМ исследования в области моделирования случайных процессов в механических системах, инициированные **В. А. Жовдаком**, продол-



жают *А. А. Ларин, А. И. Трубаев, А. А. Водка* и др.

Разработкой эффективных бессеточных методов, базирующихся на теории R-функций, для исследования свободных, вынужденных и параметрических колебаний многослойных и функционально-градиентных пологих оболочек и пластин занимается кафедра «Прикладная математика» во главе с заведующей, профессором *Л. В. Курпой*. Усилиями сотрудников кафедры были успешно организованы 5 Международных конференций по нелинейной динамике, в которых участвовали ученые 14 стран [13]. Новые результаты по нелинейной динамике, бифуркации и устойчивости нелинейных колебаний в деформируемых системах получены под руководством профессоров ХПИ, членов научных обществ по математике и механике – AMS и GAMM *Ю. В. Михлина* и *К. В. Аврамова*. Руководитель отдела надежности и динамической прочности ИПМаш, выпускник ХПИ *К. В. Аврамов* исследует задачи вибрации, динамической прочности и аэродинамики ракетносителей.

Заведующими кафедрами «Теоретическая механика» *О. К. Морачковским* и «Компьютерное моделирование процессов и систем» (КМПИС, ранее АУД) *Д. В. Бреславским* создана теория ползучести и разрушения твердых тел при их циклическом нагружении. Научная статья, опубликованная ими в 2000 в журнале «Journal of Strain Analysis» (Лондон), награждена престижной премией SEGВ. Под руководством *В. Б. Успенского, Ю. М. Андреева* (КМПИС) проводятся исследования в области управления движением, ориентацией и динамики летательных аппаратов. Под руководством Заслуженного деятеля науки и техники Украины *Э. А. Симсона* разрабатываются модели для анализа динамического состояния и оптимизации многокомпонентных тел неоднородной структуры и процессов в технологических системах [15, 16].

Основные научные разработки кафедры «Теория и системы автоматизированного проектирования механизмов и машин» (заведующий – *Н. А. Ткачук*) связаны с компьютерным моделированием сложных и сверхсложных механических систем с высокой степенью геометрической информативности (дискретизации), а значит и достоверности к исходному объекту. В частности, проведены исследования кинематики, статике, динамики корпусов легкобронированных машин и тепловозов, густоперфорированных компонентов конструкций, составляющих биомеханических систем, вибрационных машин с дебалансным приводом, крупногабаритных кранов–перегрузателей, элементов гидропередач, цистерн топливозаправщиков, штампов и пресс-форм, а также многих других объектов [10, 17]. Комплексное математическое моделирование конструкций охватывает воспроизведение геометрических, вибрационных, прочностных, температурных, аэродинамических и прочих характеристик на всех этапах жизненного цикла.

В НТУ «ХПИ» в 2003 году создан региональный центр компьютерных методов проектирования, исследования и изготовления машиностроительных конструкций «Тензор» [10]. В 2009 году в сотрудничестве с индустриальной группой «УПЭК» создан учебно-

опытный компьютерный кластер и центр для подготовки высококвалифицированных кадров в отрасли компьютерного проектирования, моделирования и технологической подготовки производства машиностроительных конструкций в Украине.

**Выводы.** В статье рассмотрена эволюция основных научных достижений ученых и выпускников НТУ «ХПИ» в XIX – XXI ст. в области теоретического, экспериментального и компьютерного исследования научно–технических проблем динамики. Показано, как математизация исследовательской деятельности привела к появлению новых моделей и методик анализа динамики конструкций с многоуровневой структурой в условиях интенсивных нагрузений. Представлено изменение организационных форм работы ученых от индивидуальной к коллективной: созданию лабораторий, отраслевых НИИ и КБ, институтов Академии наук, научно-учебных кластеров и комплексов.

#### Список литературы:

1. *Александров Е. Е.* Деятельность основателя отечественной научной школы механики и машиностроения профессора В. Л. Кирпичева / *Е. Е. Александров, С. А. Назаренко, В. Л. Хавин* // Механіка та машинобудування. – 2012. – №2. – С. 230–249.
2. *Timoshenko S. P.* As I Remember / *S. P. Timoshenko*. – D. Van Nostrand. – 1968.
3. *Andreev A. G.* Main achievements of scientists of NTU «KhPI» in the field of mechanics / *A. G. Andreev, S. A. Nazarenko* // Вісник НТУ «ХПІ». – 2015. – № 57 (1166). – РР. 3-7.
4. Академик Александр Михайлович Ляпунов / *Л. Л. Товажнянский [и др.]*. – Х.: НТУ «ХПИ», 2007. – 288 с.
5. *Андреев А. Г.* Основные работы ученых ХПИ в области управления механическими системами / *А. Г. Андреев, С. А. Назаренко* // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. – № 57 (1099). – С. 3-14.
6. История Харьковского технологического института в лицах. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://library.kpi.kharkov.ua/prepodavately/PR\\_%D0%9B.html](http://library.kpi.kharkov.ua/prepodavately/PR_%D0%9B.html).
7. *Назаренко С. А.* Основные работы профессора Д. С. Зернова / *С. А. Назаренко [и др.]* // Вісник НТУ «ХПІ». – № 51. – 2011. – С. 16–23.
8. *Назаренко С. А.* Деятельность воспитанников Харьковского политехнического института в области освоения космического пространства / *С. А. Назаренко* // Университеты. Наука и просвещение. – 2013. – № 2. – С. 64–74.
9. *Воробьев Ю. С.* Академик Анатолий Петрович Филиппов – лидер научной школы в области динамики и прочности машин / *Ю. С. Воробьев, А. А. Ларин, Г. И. Львов* // Вісник НТУ «ХПІ». – 2009. – № 42. – С. 3–7.
10. *Ткачук Н. А.* Кафедра ТММ и САПР: к 50-летию факультета транспортного машиностроения / *Н. А. Ткачук* // Вісник НТУ «ХПІ». – 2015. – № 43 (1152). – С. 92-106.
11. *Бесов Л. М.* Классик отечественной механики Иван Михайлович Бабаков / *Л. М. Бесов, А. А. Ларин, О. К. Морачковский* // Історія Української науки на межі тисячоліть. – К.: 2007. – Вип. 28. – С. 35-42.
12. *Львов Г. И.* Основные работы члена-корреспондента Академии Наук Украины В. М. Майзеля / *Г. И. Львов, С. А. Назаренко, В. Л. Хавин* // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – № 58. – С. 8-15.
13. *Морачковский О. К.* Инфиз: очерки истории творчества / *О. К. Морачковский*. – Х.: ЭнергоКлуб Украины, 2005. – 372 с.
14. *Назаренко С. А.* Ключевые работы ученых НТУ

«ХПІ» в області математического моделирования в технике / С. А. Назаренко, С. И. Марусенко // Вісник НТУ «ХПІ». – 2015. – № 18 (1127). – С. 14-19.

15. Симсон Э. А. Методика анализа чувствительности вибрационных параметров механических систем / Э. А. Симсон, С. А. Назаренко, М. В. Трохман // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – № 2/4. – С. 44-47.

16. Симсон Э. А. Математические модели элементов машин при воздействии физических полей и внешней среды / Э. А. Симсон, С. А. Назаренко // Механіка та машинобудування. – 2009. – № 1. – С. 69-77.

17. Теоретичні основи та практика проектно-технологічного забезпечення тактико-технічних характеристик бойових броньованих машин на основі комп'ютерного моделювання / М. А. Ткачук [та ін.] // Вісник НТУ «ХПІ». – 2016. – № 39 (1211). – С. 102-106.

#### Bibliography (transliterated):

1. Aleksandrov E. E., Nazarenko S. A., Havin V. L. Deyatel'nost' osnovatelya otechestvennoj nauchnoj shkoly mehaniki i mashinostroeniya professora V. L. Kirpicheva. Mekhanika ta mashynobuduvannya. 2012. No 2. PP. 230-249.

2. Timoshenko S. P. As I Remember. D. Van Nostrand. 1968.

3. Andreev A. G., Nazarenko S. A. Main achievements of scientists of NTU «KhPI» in the field of mechanics. Bulletin of NTU "KhPI". 2015. No 57 (1166). PP. 3-7.

4. Tovazhnyanskij L. L. i dr. Akademik Aleksandr Mihajlovich Lyapunov. Kharkiv: NTU "HPI". 2007. 288 p.

5. Andreev A. G., Nazarenko S. A. Osnovnye raboty uchenyh KhPI v oblasti upravleniya mehanicheskimi sistemami. Bulletin of NTU "KhPI". 2014. No 57 (1099). PP. 3-14.

6. Istoriya Har'kovskogo tehnologicheskogo instituta v lichah. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupu: [http://library.kpi.kharkov.ua/prepodavately/PR\\_%D0%9B.html](http://library.kpi.kharkov.ua/prepodavately/PR_%D0%9B.html).

7. Nazarenko S. A. i dr. Osnovnye raboty professora D. S. Zernova. Bulletin of NTU "KhPI". No 51. 2011. PP. 16-23.

8. Nazarenko S. A. Deyatel'nost' vospitannikov Har'k-

ovskogo politehnicheskogo instituta v oblasti osvoeniya kosmicheskogo prostranstva. Universitety. Nauka i prosveschenie. 2013. No 2. PP. 64-74.

9. Vorob'ev Yu. S., Larin A. A., L'vov G. I. Akademik Anatolij Petrovich Filippov – lider nauchnoj shkoly v oblasti dinamiki i prochnosti mashin. Bulletin of NTU "KhPI". 2009. No 42. PP. 3-7.

10. Tkachuk N. A. Kafedra TMM i SAPR: k 50-letiyu fakul'teta transportnogo mashinostroeniya. Bulletin of NTU "KhPI". 2015. No 43 (1152). PP. 92-106.

11. Besov L. M., Larin A. A., Morachkovskij O. K. Klas-sik otechestvennoj mehaniki Ivan Mihajlovich Babakov. Istoriya Ukrayins'koyi nauky na mezhi tysyacholit'. Kyiv: 2007. Vyp. 28. PP. 35-42.

12. L'vov G. I., Nazarenko S. A., Havin V. L. Osnovnye raboty chlena-korrespondenta Akademii Nauk Ukrainy V. M. Majzelya. Bulletin of NTU "KhPI". 2013. No 58. PP. 8-15.

13. Morachkovskij O. K. Infiz: ocherki istorii tvorchestva. Kharkiv: EnergoKlub Ukrainy. 2005. 372 p.

14. Nazarenko S. A., Marusenko S. I. Klyuchevye raboty uchenyh NTU "HPI" v oblasti matematicheskogo modelirovaniya v tehnike. Bulletin of NTU "KhPI". 2015. № 18 (1127). PP. 14-19.

15. Simson E. A., Nazarenko S. A., Trohman M. V. Meto-dika analiza chuvstvitel'nosti vibracionnyh parametrov mehanicheskikh sistem. Vostochno-evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij. 2008. No 2/4. PP. 44-47.

16. Simson E. A., Nazarenko S. A. Matematicheskie mod-eli elementov mashin pri vozdeystvii fizicheskikh polej i vneshnej sredy. Mekhanika ta mashynobuduvannya. 2009. No 1. PP. 69-77.

17. Tkachuk M. A. ta in. Teoretychni osnovy ta praktyka proektno-tehnologichnoho zabezpechennya taktyko-tehnichnykh kharakterystyk bojovykh bron'ovanykh mashyn na osnovi komp'yuternoho modelyuvannya. Bulletin of NTU "KhPI". 2016. No 39 (1211). PP. 102-106.

Поступила (received) 05.09.2017

#### Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Огляд основних напрямків досліджень вчених НТУ «ХПІ» в галузі динаміки конструкцій / С. О. Назаренко, М. А. Ткачук // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 39 (1261). – С. 49-56. – Бібліогр.: 17 назв. – ISSN 2078-9130.

Обзор некоторых ключевых направлений исследований ученых НТУ «ХПІ» в области динамики конструкций / С. А. Назаренко, Н. А. Ткачук // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 39 (1261). – С. 49-56. – Бібліогр.: 17 назв. – ISSN 2078-9130.

Review of the main directions of research of scientists of NTU "KhPI" in the field of dynamics of constructions / S. A. Nazarenko, M. A. Tkachuk // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Dynamics and strength of machines. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017. – № 39 (1261). – С. 49-56. – Bibliogr.: 17. – ISSN 2078-9130.

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Назаренко Сергій Олександрович** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, кафедра Механіка суцільних середовищ та опір матеріалів, НТУ «ХПІ», тел.: 700-29-72, e-mail: nazarenkoserzh7@gmail.com.

**Назаренко Сергей Александрович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, кафедра Механика сплошных сред и сопротивления материалов, НТУ «ХПІ», тел.: 700-29-72, e-mail: nazarenkoserzh7@gmail.com.

**Nazarenko Sergej** – Candidate of Technical Sciences, Senior Staff Scientist, Department of Continuum Mechanics and Strength of Materials, NTU «KhPI», tel.: (057) 700-29-72, e-mail: nazarenkoserzh7@gmail.com.

**Ткачук Микола Анатолійович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Теорія і системи автоматизованого проектування механізмів і машин, НТУ «ХПІ», тел.: (057) 707-69-02, e-mail: tma@tmm-sapr.org.

**Ткачук Николай Анатольевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Теория и системы автоматизированного проектирования механизмов и машин, НТУ «ХПІ», тел.: (057) 707-69-02, e-mail: tma@tmm-sapr.org.

**Tkachuk Mykola** – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Chief of Theory and Systems of Mechanisms and Machines Automated Design Department; NTU «KhPI», tel.: (057) 707-69-02, e-mail: tma@tmm-sapr.org.