

Doi: 10.15421/271909

UDK 001 (09) + 62 (09)

**THE CONTRIBUTION OF SCIENTISTS «DESIGN OFFICE
«YUZHNOYE» NAMED AFTER M. K. YANGEL» IN THE STUDY OF
MECHANICAL OSCILLATION IN THE ROCKET TECHNICALS
on the 65th anniversary of the «Design Office «Yuzhnoye»»**

E. V. Nikiforova, G. I. Sokol, A. S. Luchko

Oles Honchar Dniprovsk National University, Dnipro, Ukraine

Поштова адреса: Oles Honchar Dniprovsk National University,

Gagarin Ave., 72, Dnipro, Ukraine

Tel.: +38-067-633-40-45.

E-mail: lizaveta.tv@rambler.ru, gsokol@ukr.net

Abstract. In this paper, an analysis of the work of scientists and designers «Design Office «Yuzhnoye» named after M.K. Yangel». The works of scientists relate to the study of oscillations and waves in rocket and space technology. The authors of the article reviewed monographs, dissertations, articles in which the dynamics of rocket carriers and spacecraft were studied. The achievements of the team consist of important research works in the field of mechanical oscillations and waves. The key focus was the study of oscillations and the birth of many inventions. Inventions have become the basis for the development of methods for damping oscillations and phenomena of instability in the operation of engines. General Designers of State Design Office "Yuzhnoye" named M.K. Yangel" academicians Mikhail Kuzmich Yangel, Vladimir Fedorovich Utkin, Stanislav Nikolaevich Koniukhov and currently General Designer Alexandr Viktorovich Degtyarev paid and pay serious attention to solving the problem of damping vibrational and acoustic vibrations acting on components of rocket-carrier structures and spacecraft. The following major areas of work in the field of mechanical vibrations in the activities of the State Design Office "Yuzhnoye" are highlighted: 1) theoretical and experimental research to ensure the static and dynamic characteristics of the structures of missiles, their compartments and large-sized assemblies, on the dynamics of transients, and damping methods; 2) autonomous testing of onboard equipment of rockets (automation units, assemblies, instruments) for the effects of transport, impact, vibration and linear loads; 3) measurement of the characteristics of real dynamic processes during flight design tests of rockets and launches of spacecraft, as well as during firing bench tests of engines, stages, upper stages; 4) the fight against low-frequency and high-frequency oscillations in the propulsion system.

The article explains the reasons why this issue has not yet received a proper assessment in historical science. Most of the scientific and design developments had «secret» vultures. Therefore, the works of scientists for a long time were not the property of the scientific community. Only from the 90s of the XX century archives began to open. This marked the beginning of the re-creation of the history of the creative contribution and achievements of the scientific and technical team of the «Design Office «Yuzhnoye» named after M.K. Yangel» in the practical study of mechanical oscillations and waves. This paper presents the history of the birth of fundamental ideas in relation to the dynamics of rocket structures. The paper presents a historical contribution to the development of the

ideas of mechanical oscillations and waves of individual scientists and their scientific schools.

Keywords: rocket, space technology mechanical, oscillations, «Design Office «Yuzhnoye» named after M.K. Yangel».

**ВКЛАД УЧЕНЫХ И КОНСТРУКТОРОВ ГП «КБ «ЮЖНОЕ»
ИМ. М. К. ЯНГЕЛЯ» В ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ
В РАКЕТНОЙ ТЕХНИКЕ**

К 65-летию ГП «КБ «Южное»»

Е. В. Никифорова, Г. И. Сокол, А. С. Лучко

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, г. Днепр, Украина

Анотация. В работе обобщены результаты и проведен анализ работ ученых и конструкторов ГП «КБ «Южное» им. М. К. Янгеля» по изучению колебаний и волн в ракетно-космической технике (РКТ). Рассмотрены монографии, диссертации, статьи, в которых исследованы процессы динамики ракетносителей и космических аппаратов. Достижения коллектива включают в себя важные научно-исследовательские работы из области механических колебаний и волн. Ключевым направлением в развитии РКТ стало не только их изучение, но рождение многих изобретений, которые легли в основу методов гашения вибраций и явлений неустойчивости в работе двигателей. В большинстве своем научно-конструкторские разработки имели грифы «секретно» и «совершенно секретно». Работы ученых, работавших в этих учреждениях, длительное время не были достоянием научной общественности.

В работе представлена история рождения фундаментальных идей применительно к динамике ракетных конструкций. Представлен исторический вклад в развитие идей механических колебаний и волн отдельных ученых – личностей и их научных школ.

Ключевые слова: ракетноситель, ракетная техника, колебания, ГП «КБ «Южное»».

1. Введение

После окончания Второй мировой войны (1939–1945 гг.) город Днепропетровск превратился в один из ведущих центров мира по созданию ракетно-космической техники (РКТ). 10 апреля 1954 года согласно постановлению правительства СССР для разработки новых образцов ракетной техники образовано ракетостроительное Особое конструкторское бюро № 586 (ОКБ-586) (ныне – Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» имени М. К. Янгеля» (КБЮ)). Первым Главным конструктором КБЮ был назначен Михаил Кузьмич Янгель [12]. Достижения коллектива включают в себя важные научно-исследовательские работы из области механических колебаний и волн. Ключевым направлением в развитии РКТ стало не только их изучение, но и рождение многих изобретений, которые легли в основу методов гашения вибраций и явлений неустойчивости в работе двигателей. В большинстве научно-конструкторские разработки имели грифы «секретно» и «совершенно секретно». Работы ученых длительное время не были достоянием научной общественности. С 90-х годов XX

века начали открываться архивы. Это положило начало воссоздания истории творческого вклада и достижений научно-технического коллектива ГП «КБ «Южное» им акад. М. К. Янгеля» в практическое изучение механических колебаний и волн. В работе представлена история зарождения фундаментальных идей применительно к динамике ракетных конструкций. Представлен исторический вклад в развитие идей механических колебаний и волн отдельных ученых-личностей и их научных школ.

Целью настоящей работы является обобщение и исторический анализ вклада ученых и конструкторов ГП «КБ «Южное» им. М. К. Янгеля» в изучение механических колебаний и волн в ракетной технике.

Предмет изучения — обобщение результатов работ ученых и конструкторов ГП «КБ «Южное» им. М. К. Янгеля» в изучение механических колебаний и волн в ракетной технике, а также динамики конструкций ракетносителей и космических аппаратов.

2. Основная часть

Генеральные конструкторы ГП «КБ «Южное» им. М. К. Янгеля» академики Михаил Кузьмич Янгель, Владимир Федорович Уткин, Станислав Николаевич Конюхов, а в настоящее время и Генеральный конструктор Александр Викторович Дегтярев (см. рис. 1) уделяли и уделяют серьезное внимание решению проблемы гашения вибрационных и акустических колебаний, воздействующих на узлы конструкций ракетносителей и космических аппаратов.



Рис. 1. Генеральные конструкторы ГП «КБ «Южное» им. М. К. Янгеля, (слева направо) М. К. Янгель, В. Ф. Уткин, С. Н. Конюхов, А. В. Дегтярев

Актуальность проблемы связана с тем, что воздействие акустических и вибрационных колебаний с высокими амплитудами, а возможно, и на частотах, близких к резонансным частотам элементов конструкций, создает большие нагрузки. Возникновение низко и высокочастотных неустойчивостей при работе жидкостного ракетного двигателя может привести к его разрушению. В [8] академик Виктор Васильевич Пилипенко охарактеризовал не только деятельность научных коллективов Академии наук Украины в совместных работах с КБЮ, но и достижения крупных ученых КБЮ в области динамики. Академик В. В. Пилипенко пишет [8, с. 147]: «Член-корреспондент АН Украины В. М. Ковтуненко развил эффективные экспериментальные и теоретические методы исследования задач аэродинамики и динамики космических аппаратов. Член-корреспондент АН Украины Н. Ф.

Герасюта внес существенный вклад в разработку высокоэффективных методов баллистических расчетов, исследования динамики и технической неустойчивости управляемого движения ракет. Обширный круг теории колебаний и устойчивости движения хватывали исследования академика АН Украины В. А. Лазаряна и члена-корреспондента АН Украины В. Ф. Ушкалова в области механики наземной транспортировки и виброиспытаний элементов ракетных конструкций. Член-корреспондент АН Украины И. И. Иванов внес существенный вклад в разработку основ проектирования, конструирования и отработки совершенных жидкостных ракетных двигателей (в первую очередь, рулевых двигателей)».

В деятельности КБЮ можно выделить следующие крупные направления работ в области механических колебаний: 1) расчетно-теоретические и экспериментальные исследования по обеспечению статических и динамических характеристик конструкций ракет, их отсеков и крупногабаритных сборок, по динамике переходных процессов, методам демпфирования; 2) автономные испытания систем бортового оборудования ракет (агрегатов автоматики, узлов, приборов) на воздействие транспортировочных, ударных, вибрационных и линейных нагрузок; 3) измерение характеристик реальных динамических процессов во время летно-конструкторских испытаний ракет и при запусках космических аппаратов, а также при огневых стендовых испытаниях двигателей, ступеней, разгонных блоков; 4) борьба с низкочастотными и высокочастотными колебаниями в двигательных установках (ДУ).

Согласно [4], в 50-е годы XX века Главный конструктор академик М. К. Янгель организовал ряд отделов по опытным работам, в частности отдел стендовых и летных испытаний № 12, который начал заниматься изучением вибропрочности и виброустойчивости конструкций. В дальнейшем измерением вибрационных характеристик отдельных агрегатов и узлов РН и КА на стендах занимались отделы 77, 104, 136. Отдел 4, позднее 104 (организован в 1955 году), стал родоначальником комплекса прочности [1]. Из него в разные годы выделились все ныне существующие самостоятельные подразделения комплекса 3 (1962 год), отделы 134, 136 и лаборатория измерений 135. Созданная в первые 30 лет своего существования экспериментальная база стала гордостью КБЮ. Первым руководителем отдела 4 был заместитель Главного конструктора Михаил Илларионович Дуплищев. Под его руководством и при непосредственном участии в КБЮ была создана мощная экспериментальная база по испытаниям узлов и агрегатов ракет на вибропрочность и виброустойчивость.

Руководство расчетно-теоретическими и экспериментальными работами по прочности и их координацию осуществлял начальник комплекса № 3 КБЮ, член-корреспондент Академии наук Украины, доктор технических наук, лауреат Государственной премии СССР Павел Иванович Никитин, работы велись под научным руководством академиков В. И. Моссаковского, В. А. Лазаряна, д.т.н. Ю. А. Шевлякова (см. рис. 2).



Рис. 2. Академики В. И. Моссаковский, В. А. Лазарян, член-корреспондент П. И. Никитин, (слева направо)

Наличие мощной экспериментальной базы позволило проводить динамические и вибропрочностные испытания натуральных крупногабаритных отсеков (приборный отсек, хвостовой отсек), топливных баков, головных частей. Наряду с испытаниями натуральных отсеков и сборок производились работы по определению динамических характеристик ракет на конструктивно-подобных моделях. За цикл работ по исследованию динамических свойств ракет на моделях В. А. Серенко в 1974 г. была присуждена Государственная премия СССР [1].

О важности работ в области механических колебаний и волн говорит исторический факт [7]: в своих воспоминаниях Ю. И. Милинтейко пишет, что Главный конструктор КБЮ академик В. Ф. Уткин лично скрупулезно разбирался в аварийных ситуациях, при этом объективно наиболее аварийными являлись именно переходные процессы. Ю. И. Милинтейко описывает одну из аварий, которая случилась при пуске РН в 1961 г. При анализе выяснилось, что датчик регулирования скорости не выдержал вибрации переходных процессов, что и привело к аварии во время полета. В [12] к. и. н. И. В. Федоренко отмечает, что заместитель Главного конструктора КБЮ член-корреспондент Академии наук Украины Н. Ф. Герасюта, который является основоположником украинской научно-технической школы баллистики, динамики полета и преодоления противоракетной обороны, уделял серьезное внимание нормальной работе приборов именно во время переходных процессов. Техническая сторона работ школы баллистики, динамики полета изложена в [3].

В 1952 был создан отдел 77, который ныне является старейшим подразделением КБЮ [2; 8; 9; 10]. Здесь были созданы: вакуумный участок с барокамерой объемом 30 м³ (И. В. Заика, В. И. Порубаймех и др.), участок динамических испытаний агрегатов автоматики на воздействие транспортировочных, ударных, вибрационных и линейных нагрузок (начальник В. В. Дудник, затем А. И. Нагаец).

Важное место в деятельности ГП КБ «Южное» занимают измерения характеристик вибраций при натуральных испытаниях ракет и космических аппаратов. Большой вклад в разработку телеметрической виброизмерительной аппаратуры, идеологии вибрационных измерений, методик обработки и анализа внесли А. Ф. Гришин, А. А. Резвицкий, Г. И. Козюкин, В. Д. Кудин, О. А. Аксюта, Н. Н. Жуков, А. И. Олейник, Т. Я. Батутина [7]. Телеметрические измерения результатов испытаний РН и их составных частей (бортовых агрегатов, приборов, узлов, бортовых систем) были неотъемлемой и важной составляющей частью как стендовых, так и летно-конструкторских испытаний (ЛКИ) РКТ [2; 7]. При ЛКИ

инженерно-техническим составом комплекса № 5 определяются температурные и вибрационные режимы, Единое структурное телеметрическое отделение в КБЮ (отдел 12 и отдел 372 [2]) было создано в 1957 году при самой активной поддержке М. К. Янгеля.

Одной из важных проблем, с которой столкнулись ракетостроители, были колебания в жидкостных ракетных двигателях (ЖРД) (достаточно подробно представлено в [10]). Созданием и усовершенствованием ЖРД занимались Главные конструкторы КБ двигательных установок (КБ-4) КБЮ: д.т.н., Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и имени М. К. Янгеля премий Иван Иванович Иванов, д.т.н., профессор, лауреат Ленинской премии, заслуженный деятель науки и техники Украины Александр Викторович Климов, лауреат Государственной премии СССР, полный кавалер ордена «За заслуги», академик Международной академии астронавтики, заслуженный работник промышленности, кандидат технических наук Шнякин Владимир Николаевич, член-корреспондент АН УССР, академик, д.т.н. Виктор Васильевич Пилипенко (см. рис. 3). Неоценимо огромный вклад в исследование процессов кавитации в ДУ и демпфированию колебаний внес академик В. В. Пилипенко, который начал свою деятельность инженером КБЮ [8]. В 1958 г. в КБЮ было организовано конструкторское бюро жидкостных ракетных двигателей, которое в дальнейшем было реорганизовано в КБ-4. В создании первых ЖРД прослеживается характерное стремление к максимально полному использованию энергии химического топлива и получению максимального удельного импульса. В процессе отработки ЖРД выяснилось, что при их работе возникают опасные высокочастотные и низкочастотные колебания, которые часто приводили к разрушению камеры сгорания.



Рис. 3. И. И. Иванов, А. В. Климов, В. Н. Шнякин, В. В. Пилипенко
(слева направо)

Историческая и техническая литература свидетельствует о многочисленных и многочасовых отработках двигателей, которые затем были приняты в эксплуатацию [6]. Главной задачей КБ-4 является разработка двигателей и двигательных установок на жидких и твердых топливах для комплексов Государственного предприятия «КБ «Южное» [5]. Первым Главным конструктором КБ-4 стал И. И. Иванов. За годы существования КБ двигательных установок было разработано более 35 двигателей и двигательных установок на жидких топливах [5]. Большая часть их (18 двигателей) прошла полный цикл отработки и устанавливалась на ракетах, созданных Государственным предприятием «КБ «Южное». Это маршевые двигатели для верхних ступеней ракет, рулевые двигатели для первых и вторых ступеней ракет, в том числе РН «Циклон» и «Зенит», космические двигатели, в том числе двигатели лунного модуля и другие двигатели специального назначения [5].

Двигатель РД 857, предназначенный для создания тяги и управления полетом вторых ступеней по всем каналам стабилизации, имел восстановительный газогенератор, при работе которого возникали большие виброперегрузки на элементах регулятора. Этот двигатель принес проектам и испытателям много работы по ликвидации высокочастотной неустойчивости.

3. Обсуждение результатов

Сегодня работы ракетостроителей ГП «КБ «Южное» имени М. К. Янгеля» в области механических колебаний и волн могут быть более широко представлены мировому научному сообществу. Анализ научных результатов позволил впервые ввести в научный объем тематики «История науки и техники» новое звено в виде историко-технических материалов, что позволило составить более достоверную объективную картину масштабных исследований по механическим колебаниям и волнам. Дальнейшее развитие теории механических колебаний в ракетно-космической области получило опору в виде теперь уже известного исторического опыта результатов исследований колебаний при испытаниях ракетополетителей и космических аппаратов. Теоретические выводы, обобщения и конкретный фактический материал положили начало новому направлению в научном изучении истории и техники украинского ракетостроения.

4. Выводы

Определена актуальность исследований, которые выполняли и выполняют ученые, конструкторы, техники ракетно-космического ГП «КБ «Южное» имени М. К. Янгеля» в области механики колебаний и волн. Идеи, которые были высказаны и развиты, нашли свое применение в проектно-конструкторской разработке и экспериментальной отработке образцов новых ракетно-космических систем. Представлен исторический вклад в развитие идей механических колебаний и волн отдельных ученых-личностей и их научных школ. Очерчен круг работ ГП «КБ «Южное» имени М. К. Янгеля» по тематике «Механические колебания и волны». Структурирована тематика работ предприятия, представлена история рождения фундаментальных идей применительно к динамике ракетных конструкций.

REFERENCES

1. *Newspaper Design Office «Yuzhnoye» «Designer»* (2000), no. 17, 23 august (in Russian).
2. *Gorbenko E. V.* (2014). On studies of oscillations in liquid rocket engines by scientists of Dnipropetrovsk region. *Bulletin of the Vestnik of Dnepropetrovsk University. Ser. History and Philosophy of Science and Technology*, issue 22, no. ½, pp. 164–173 (in Russian).
3. *Igdalov I. M., Kuchma L. D., Polyakov N. V., Sheptun Yu. D.* (2010). *Dynamic missile design. Problems of the dynamics of rockets and their cosmic steps*. S. N. Konyukhov (Ed). Dnepropetrovsk: Dnepropetrjvsk University, 264 p. (in Russian).
4. *Duplishcheva O. M., Duplishchev A. M.* (2007). *Mentor engineers and scientists*. Dnepropetrovsk: Art-Press, 232 p. (in Russian).
5. *Liquid rocket engines, propulsion systems, onboard power sources, developed by the Design Office of propulsion units of the «Yuzhnoye» Design Office* (2008).

- S. N. Konyukhov, V. N. Shnyakin. (Ed). Dnepropetrovsk: State Enterprise «DO «Yuzhnoye», 466 p. (in Russian).
6. Kachur P. I., Glushko A. V. (2008). *Valentin Glushko. Designer of rocket engines and space systems*. Seriya: Famous designers of Russia. XX century. SPb.: Politekhnik, 760 p. (in Russian).
7. Milinteyko Yu. I. (2004). *Steps on Baikonur. Memories of the test designer*. Dnepropetrovsk: «Gerda», 270 p. (in Russian).
8. Pilipenko V. V. (2011). *Desing Office Yangel and Academic School of Ukraine. In. Yangel. Life given to the motherland*. A.V. Degtyarev (Ed). Dnepropetrovsk: State Enterprise «DO «Yuzhnoye» named M. K. Yangel». ART-PRESS, pp. 146–148 (in Russian).
9. Platonov V. P., Gorbulin V. P. (1979). *Mikhail Kuzmich Yangel*. K.: Nauk. Dumka, 320 p. (in Russian).
10. Sanin F. P., Dzhur E. O., Kuchma L. D., Khutorniy V. V. (2001). *Development of rocket and space technology in Ukraine*. Dnepropetrovsk: Dnepropetrovsk University, 400 p. (in Ukrainian).
11. Sokol G. I., Gorbenko E. V., Pirog V. A. (2013.) The main directions in the development of the theory of mechanical oscillations and waves in rocket and space technology of research and production enterprises of the Dnipropetrovsk region. *Vestnik Dnepropetrovsk National University. Seriya History and Philosophy of Science and Technology*. Dnepropetrovsk: Dnepropetrovsk University, issue 21, no. ½, pp. 140–154 (in Russian).
12. Fedorenko I. V. (2008). *Rocket builders of Ukraine*. Dnepropetrovsk: Innovatsiya. F. P. Sanin (Ed), 408 p. (in Russian).

Received 05.03. 2019