

ДОДАТОК А

Список публікацій здобувача і
відомості про апробацію результатів дисертації

А.1 Список публікацій здобувача

*Наукові публікації, в яких опубліковані
основні наукові результати дисертації*

1. Krutchenko D., Strelnikova E., Shuvalova Yu. Discrete singularities method in problems of seismic and impulse impacts on reservoirs. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління*. 2017. Вип. 35. С. 31–37. [Входить до міжнародної наукометричної бази Google Scholar.]

2. Крютченко Д. В. Вимушені коливання рідини в циліндричних резервуарах під дією вертикального збудження. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління*. 2018. Вип. 40. С. 23–33. DOI: 10.26565/2304-6201-2018-40-03 [Входить до міжнародної наукометричної бази Google Scholar.]

3. Кишинник В. Ю., Тишковець О. В., Крютченко Д. В., Науменко Ю. В., Коливання рідини в циліндрично-конічній оболонці під дією вертикального збудження. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях*. 2019. № 8. С. 127–132. [Наукове фахове видання України категорії Б; входить до міжнародної наукометричної бази Google Scholar.]

4. Крютченко Д. В., Гнітько В. І., Шувалова Ю. С. Метод дискретних особливостей в задачах аналізу коливань резервуарів з рідиною при горизонтальних та вертикальних навантаженнях. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях*.

2019. № 8. С. 133–138. [Наукове фахове видання України категорії Б; входить до міжнародної наукометричної бази Google Scholar.]

5. Kriutchenko D. Forced liquid vibrations in prismatic tanks under vertical and horizontal loads. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління»*. 2019. Вип. 42. С. 68–76. DOI: 10.26565/2304-6201-2019-42-07 [Наукове фахове видання України категорії Б; входить до міжнародної наукометричної бази Google Scholar.]

6. Дегтярьов К. Г., Крютченко Д. В., Москаленко Р. П., Пальчіков Р. Г. Комп'ютерне моделювання вимушених коливань елементів конструкцій, що взаємодіють з рідиною, за умови дії гармонічних, імпульсних та сейсмічних впливів. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління»*. 2019. Вип. 43. С. 20–29. DOI: 10.26565/2304-6201-2019-43-03 [Наукове фахове видання України категорії Б; входить до міжнародної наукометричної бази Google Scholar.]

7. Kylynnyk V., Kriutchenko D., Naumenko Y. Liquid oscillation in a cylindrical-conical shell under the action of vertical and horizontal excitation. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління»*. 2019. Вип. 43. С. 38–45. DOI: 10.26565/2304-6201-2019-43-05 [Наукове фахове видання України категорії Б; входить до міжнародної наукометричної бази Google Scholar.]

8. Крютченко Д. В. Моделювання коливань рідини в призматичних резервуарах з хрестовими перегородками. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління»*. 2019. Вип. 44. С. 43–50. DOI: 10.26565/2304-6201-2019-44-05 [Наукове фахове видання України категорії Б; входить до міжнародної наукометричної бази Google Scholar.]

9. Strelnikova E., Kriutchenko D., Gnitko V., Degtyarev K. Boundary element method in nonlinear sloshing analysis for shells of revolution under longitudinal excitations. *Engineering Analysis with Boundary Elements*. 2020. Vol. 111. Pp. 78–87. DOI: 10.1016/j.enganabound.2019.10.008 [Входить до міжнародних наукометричних баз Google Scholar, Scopus (Q1).]

10. Strelnikova E., Kriutchenko D., Gnitko V., Tonkonozhenko A. Liquid Vibrations in cylindrical tanks with and without baffles under lateral and longitudinal excitations. *International Journal of Applied Mechanics and Engineering*. 2020. Vol. 25, № 3. Pp. 117-132. DOI: 10.2478/ijame-2020-0038 [Входить до міжнародних наукометричних баз Google Scholar, Scopus (Q4).]

11. Strelnikova E., Choudhary N., Kriutchenko D., Gnitko V., Tonkonozhenko A. Liquid vibrations in circular cylindrical tanks with and without baffles under horizontal and vertical excitations. *Engineering Analysis with Boundary Elements*. 2020. Vol. 120. Pp. 13-27. DOI: 10.1016/j.enganabound.2020.07.024 [Входить до міжнародних наукометричних баз Google Scholar, Scopus (Q1).]

12. Choudhary N., Kumar N., Strelnikova E., Gnitko V., Kriutchenko D., Degtyariov K. Liquid vibrations in cylindrical tanks with flexible membranes. *Journal of King Saud University-Science*. 2021. Vol. 33, № 8. Pp. 101589. DOI: 10.1016/j.jksus.2021.101589 [Входить до міжнародних наукометричних баз Google Scholar, Scopus (Q1).]

13. Sierikova O., Strelnikova E., Kriutchenko D., Gnitko V. Reducing Environmental Hazards of Prismatic Storage Tanks under Vibrations. *WSEAS Transactions on Circuits and Systems*. 2022. Vol. 21. Pp. 249-257. DOI: 10.37394/23201.2022.21.27 [Входить до міжнародних наукометричних баз Google Scholar, Scopus (Q4).]

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

14. Крютченко Д. В. Комп'ютерне моделювання вимушених коливань рідини в призматичному резервуарі. *Комп'ютерне моделювання в наукоємних*

технологіях : праці міжнар. наук.-техн. конф., м. Харків, 22–25 травня 2018 р. Харків : ХНУ ім. Каразіна, 2018. С. 148–150.

15. Стрельнікова О. О., Тонконоженко А. М., Мироненко М. Л., Крютченко Д. В. Метод граничних елементів в задачах вимушених коливань рідини в оболонках обертання при різних рівнях заповнення. *Комп'ютерна гідродинаміка* : тези сьомої міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 29–30 вересня 2020 р. Київ : ІГМ НАНУ, 2020. С. 68–69.

16. Крютченко Д. В. Вимушені коливання рідини в резервуарі під дією вертикальних та горизонтальних навантажень. *Динаміка, міцність та моделювання в машинобудуванні* : тези доп. II Міжнар. наук.-техн. конфії., м. Харків, 5–8 жовтня 2020 р. Харків : Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, 2020. С. 237–238.

17. Myronenko M., Kriutchenko D. Computer simulation in problems of forced vibrations of liquid in shells of revolution at different filling levels. *Scientific community: interdisciplinary research* : Proceedings of the 3th International Scientific and Practical Conference, Germany, Hamburg, March 16–18, 2021. Hamburg, Germany : Busse Verlag GmbH, 2021. Pp. 303–307.

18. Sierikova E., Strelnikova E., Gnitko V., Kryutchenko D. Reservoirs seismic resistance. *6th International congress on innovative scientific approaches* : Proceedings book, Turkey, Samsun, December 19–20, 2021. Samsun : IKSAD Publishing House, 2021. Pp. 264–268.

19. Choundhary N., Usatova O., Kriutchenko D., Strelnikova E. Influence of Compressibility in Fluid – Structure Interaction Problems for Fluid-Filled Reservoirs. In: Altenbach H., et al. *Advances in Mechanical and Power Engineering* : Selected Papers from the International Conference on Advanced Mechanical and Power Engineering (CAMPE 2021), October 18-21, 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Cham : Springer, 2023. Pp. 3–13. DOI: 10.1007/978-3-031-18487-1_1 [Входить до міжнародної наукометричної бази Scopus.]

20. Degtyariov K., Gnitko V., Kononenko Y., Kriutchenko D., Sierikova O., Strelnikova E. Fuzzy Methods for Modelling Earthquake Induced Sloshing in Rigid

Reservoirs. 2022 *IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPI Week)* : Conference Proceedings, Ukraine, Kharkiv, October 03–07, 2022. Kharkiv : National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, 2022. Pp. 297–302. DOI: 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916466 [Входить до міжнародної наукометричної бази Scopus.]

21. Sierikova E., Strelnikova E., Kriutchenko D. Shell structures interacting with liquid and their applications in biomechanics. *5th International Anatolian Scientific Research Congress* : Abstract Book, Turkey, Hakkari, July 21–23, 2023. Samsun : IKSAD Publishing House, 2023. P. 280.

*Наукові праці, які додатково відображають
наукові результати дисертації*

22. Strelnikova E., Gnitko V., Krutchenko D., Naumemko Y. Free and forced vibrations of liquid storage tanks with baffles. *Journal of Modern Technology & Engineering*. 2018. Vol. 3, No. 1. Pp.15-52. [Входить до міжнародної наукометричної бази Google Scholar.]

23. Крютченко Д. В. Комп’ютерне моделювання вимушених коливань рідини в призматичному резервуарі. *Прикладні питання математичного моделювання*. 2018. № 1. С. 107-114. [Наукове фахове видання України категорії Б; входить до міжнародних наукометричних баз Google Scholar, Index Copernicus.]

24. Strelnikova E., Kriutchenko D., Gnitko V. Liquid Vibrations in Cylindrical Quarter Tank Subjected to Harmonic. Impulse and Seismic Lateral Excitations. *Journal of Mathematics and Statistical Science*. 2019. № 5. Pp. 31-41. [Входить до міжнародної наукометричної бази Google Scholar.]

25. Стрельникова Е. А., Крютченко Д. В., Науменко Ю. В., Усатова О. А. Анализ устойчивости колебаний жидкости в жестких резервуарах при параметрическом возбуждении. *Прикладні питання математичного моделювання*. 2019. Т. 2, № 1. С. 68-73. DOI: 10.32782/2618-0340-2019-3-10 [Наукове фахове видання України категорії Б; входить до міжнародних наукометричних баз Google Scholar, Index Copernicus.]

26. Шувалова Ю. С., Крютченко Д. В., Гнітько В. І. Вимушені коливання рідини в циліндричному резервуарі з вертикальними перегородками. *Прикладні питання математичного моделювання*. 2019. Т. 2, № 1. С. 76-88. DOI: 10.32782/2618-0340-2019-3-6 [Наукове фахове видання України категорії Б; входить до міжнародної наукометричної бази Google Scholar.]

27. Шувалова Ю. С., Крютченко Д. В., Стрельникова Е. А. Интегральные уравнения в задаче о свободных и вынужденных колебаниях жидкости в жестких резервуарах. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2016. № 3 (58). С. 455-459. [Наукове фахове видання України категорії Б; входить до міжнародної наукометричної бази Google Scholar.]

28. Гнітько В. И., Крютченко Д. В., Науменко Ю. В., Стрельникова Е. А. Моделирование свободных и вынужденных колебаний оболочечных конструкций с отсеками, содержащими жидкость. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2017. № 3 (62), том 2. С. 71-75. [Наукове фахове видання України категорії Б; входить до міжнародної наукометричної бази Google Scholar.]

А.2 Відомості про апробацію результатів дисертації

Таблиця А.1 – Відомості про апробацію результатів дисертації

№	Назва конференції	Місце проведення	Дати проведення	Форма участі
1.	Міжнародна науково-технічна конференція «Комп'ютерне моделювання в наукоємних технологіях»	Україна, м. Харків, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна	22 – 25 травня 2018 р.	очна
2.	Сьома міжнародна науково-практична конференція «Комп'ютерна гідродинаміка»	Україна, м. Київ, Інститут гідромеханіки Національної академії наук України	29 – 30 вересня 2020 р.	заочна

3.	II Міжнародна науково-технічна конференція «Динаміка, міцність та моделювання в машинобудуванні»	Україна, м. Харків, Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного Національної академії наук України	5 – 8 жовтня 2020 р.	очна
4.	3th International Scientific and Practical Conference «Scientific Community: Interdisciplinary Research»	Німеччина, м. Гамбург, Scientific Collection «InterConf»	16 – 18 березня 2021 р.	заочна
5.	International Conference on Advanced Mechanical and Power Engineering (CAMPE-2021)	Україна, м. Харків, Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного Національної академії наук України	18 – 20 жовтня 2021 р.	заочна
6.	6th International congress on innovative scientific approaches	Туреччина, м. Самсун, Institute of Economic Development and Social Researches	19 – 20 грудня 2021 р.	заочна
7.	2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology	Україна, м. Харків, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»	3 – 7 жовтня 2022 р.	заочна
8.	5th International Anatolian Scientific Research Congress	Туреччина, м. Хаккярі, Institute of Economic Development and Social Researches	21 – 23 липня 2023 р.	заочна

ДОДАТОК Б
Акт впровадження

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора

з наукової роботи Інституту проблем
машинобудування ім. А.М. Підгорного
НАН України, д.т.н., проф.

Максименко-Шейко К.В.



2023 р.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи Крютченка Дениса Володимировича за темою «Уточнені математичні моделі для дослідження вільних та вимушених коливань рідини в резервуарах», представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – «Прикладна математика», у НДР.

Комісія у складі:

голови:

– завідувача відділу вібраційних і термоміцнісних досліджень, д.т.н., проф.

Н.В. Сметанкіної

членів:

–к.т.н., с.н.с., в.о. завідувача відділу гідроаеромеханіки енергетичних машин

М.О. Чугай

–к.т.н., с.н.с. відділу гідроаеромеханіки енергетичних машин В.І. Гнітька

склала даний акт у тому, що результати дисертаційної роботи Крютченка Дениса Володимировича, а саме:

–розробка моделей та програм розрахунку динамічного та статичного НДС конструкцій при різних режимах експлуатації;

–розробка моделей та програм розрахунку для визначення форм коливань баків ракет-носіїв з рідиною;

–програмний код для розв'язання задачі коливань циліндричного резервуару з горизонтальними та вертикальними перегородками

використано при виконанні:


-держбюджетної науково-дослідної теми № ДР 0111U001758 «Розробка наукових основ аналізу нестационарного динамічного напруженого стану елементів енергетичного та іншого обладнання з урахуванням пошкоджень»;

–робіт для ДП «КБ «Південне» ім. М.К. Янгеля» за господарськими договорами: №ДР 0114U101241 «Підвищення ефективності елементів конструкцій аерокосмічних систем при силових та аеродинамічних навантаженнях», №ДР 0120U101241 «Підвищення ефективності елементів конструкцій ракетно-космічної техніки шляхом їх чисельного моделювання та оптимізації», №ДР 0117U00880 «Динамічна міцність елементів аерокосмічної та бронетанкової техніки під дією механічних навантажень»;

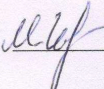
– досліджень за грантом МОН України «Сучасні обчислювальні методи для аналізу плескань в паливних баках з перегородками», в рамках спільного українсько-індійського проєкту (2019-2021 рр.);


–досліджень за грантом НАН України лабораторії молодих вчених № 15/01-2022(4) «Високоєфективна парова турбіна з ультра-суперкритичними параметрами пари для енергоблоків ТЕС України і світу», 2022р.-теперішній час.

Голова комісії

 Наталя СМЕТАНКІНА

Члени комісії

 Марина ЧУГАЙ

 Василь ГНІТЬКО

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора за наукової роботи

Інститут проблем машинобудування

ім. А.М. Підгорного НАН України, д.т.н.

К.В. Максименко-Шейко



ДОВІДКА

про участь провідного інженера Інституту проблем машинобудування ім.

А.М. Підгорного, аспіранта Харківського національного університету

радіоелектроніки Крютченка Дениса Володимировича, у провадженні

розробок Інституту проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН

України

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України виконував ряд науково-дослідних та науково-технічних робіт для підприємств України. При виконанні держбюджетних тем та господарських договорів Крютченко Денис Володимирович був виконавцем цих робіт. Наукові результати, які увійшли в звіти про науково-дослідну роботу за держбюджетними темами та практичні результати, які увійшли в звіти про науково-технічну роботу за господарськими договорами, є науковими та практичними результатами дисертаційних досліджень Крютченка Д.В. на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

1. За держбюджетною науково-дослідною темою № ДР 0111U001758 «Розробка наукових основ аналізу нестационарного динамічного напруженого стану елементів енергетичного та іншого обладнання з урахуванням пошкоджень» участь Крютченка Д.В. полягає в розробці методики аналізу плескань рідини в паливних баках ракет-носіїв.

2. Крютченко Д.В. був в числі виконавців робіт для ДП «КБ «Південне» ім. М.К. Янгеля» за господарськими договорами: №ДР 0114U101241 «Підвищення ефективності елементів конструкцій аерокосмічних систем при силових та аеродинамічних навантаженнях», №ДР 0120U101241 «Підвищення ефективності елементів конструкцій ракетно-космічної техніки шляхом їх чисельного моделювання та оптимізації», №ДР 0117U00880 «Динамічна міцність елементів аерокосмічної та бронетанкової техніки під дією механічних навантажень». Його участь полягає в наступному:

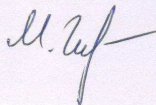
-розробці моделей та програм розрахунку динамічного та статичного НДС конструкцій при різних режимах експлуатації;

-в розробці моделей та програм розрахунку для визначення форм коливань баків ракет-носіїв з рідиною.

3. За грантом МОН України «Сучасні обчислювальні методи для аналізу плескань в паливних баках з перегородками» в рамках спільного українсько-індійського проекту (2019-2021 рр.). Участь Крютченка Д.В. полягає в створенні моделей та розрахункових програм для пошуку власних форм і частот коливань баків з перегородками, при частковому заповненні рідиною.

4. Для лабораторії молодих вчених № 15/01-2022(4) «Високоєфективна парова турбіна з ультра-суперкритичними параметрами пари для енергоблоків ТЕС України і світу» 2022р-теперешній час участь Крютченка Д.В. полягає в створенні моделей та розрахункових програм для аналізу міцності робочого колеса з лопатями у проточній частині петльового типу.

В.о. завідувача відділу
гідроаеромеханіки енергетичних машин
Інститут проблем машинобудування
ім. А.М. Підгорного НАН України
кандидат технічних наук



ЧУГАЙ Марина

ДОДАТОК В

Програмна реалізація

В.1 Лінійна задача про циліндричний резервуар з перегородками та без

```

restart;
T:=3.8507; b:=3.88;p1:=3.82; p2:= 7.016; p3:=10.17; p4:=13.315; g:=9.8;
Pii:=3.1415;      w1:=(sqrt(g*p1*tanh(p1)));      w2:=(sqrt(g*p2*tanh(p2)));
w3:=(sqrt(g*p3*tanh(p3))); w4:=(sqrt(g*tanh(p4)*p4)); v:=6.1;

      T := 3.8507
      b := 3.88
      p1 := 3.82
      p2 := 7.016
      p3 := 10.17
      p4 := 13.315
      g := 9.8
      Pii := 3.1415
      w1 := 6.115555308
      w2 := 8.291965343
      w3 := 9.983286018
      w4 := 11.42309065
      v := 6.1

with(plots); dsys := {diff(x(t), t) = y(t)+x(t)*y(t)*T, diff(y(t), t) = -w1^2*x(t)-
b*y(t)^2-w1^2*x(t)*cos(v*t)/9.8*0, x(0) = 0., y(0) = 0.5e-1};
[animate, animate3d, animatecurve, arrow, changecoords,
complexplot, complexplot3d, conformal, conformal3d,
contourplot, contourplot3d, coordplot, coordplot3d,
densityplot, display, dualaxisplot, fieldplot, fieldplot3d,
gradplot, gradplot3d, implicitplot, implicitplot3d, inequal,

```

interactive, interactiveparams, intersectplot, listcontplot,
 listcontplot3d, listdensityplot, listplot, listplot3d,
 loglogplot, logplot, matrixplot, multiple, odeplot, pareto,
 plotcompare, pointplot, pointplot3d, polarplot, polygonplot,
 polygonplot3d, polyhedra_supported, polyhedraplot, rootlocus,
 semilogplot, setcolors, setoptions, setoptions3d, shadebetween,
 spacecurve, sparsematrixplot, surfdata, textplot, textplot3d,
 tubeplot]

```

      / d
dsys := { --- x(t) = y(t) + 3.8507 x(t) y(t),
          \ dt
          d
          2
          --- y(t) = -37.40001673 x(t) - 3.88 y(t) , x(0) = 0.,
          dt
          \
          y(0) = 0.05 }
      /
dsn1 := dsolve(dsys, numeric);
      dsn1 := proc(x_rkf45) ... end;
sys := diff(x(t), t) = y(t)+x(t)*y(t)*T, diff(y(t), t) = -w1^2*x(t)-b*y(t)^2-
cos(v*t)/9.8;
      d
      d
      sys := --- x(t) = y(t) + 3.8507 x(t) y(t), --- y(t) =
      dt
      dt
      2
      -37.40001673 x(t) - 3.88 y(t) - 0.1020408163 cos(6.1 t)
fcns := {x(t), y(t)};
      fcns := {x(t), y(t)}
p := dsolve({sys, x(0) = 0., y(0) = 0.5e-1}, fcns, type = numeric, method =
rkf45_dae, abserr = 1.*10^(-7), relerr = 1.*10^(-7), maxfun = 0);

```

```

p := proc(x_rkf45_dae) ... end;
Specification of numpoints
odeplot(p, [t, x(t)], 0 .. 30, numpoints = 35);

```

B.2 Нелінійна задача про циліндричний резервуар з перегородками та без

```

restart;
T:=3.8507; b:=3.88;p1:=3.82; p2:= 7.016; p3:=10.17; p4:=13.315; g:=9.8;
Pii:=3.1415;      w1:=(sqrt(g*p1*tanh(p1)));      w2:=(sqrt(g*p2*tanh(p2)));
w3:=(sqrt(g*p3*tanh(p3))); w4:=(sqrt(g*tanh(p4)*p4)); v:=6.1;
      T := 3.8507
      b := 3.88
      p1 := 3.82
      p2 := 7.016
      p3 := 10.17
      p4 := 13.315
      g := 9.8
      Pii := 3.1415
      w1 := 6.115555308
      w2 := 8.291965343
      w3 := 9.983286018
      w4 := 11.42309065
      v := 6.1
with(plots); dsys := {diff(x(t), t) = y(t)+x(t)*y(t)*0, diff(y(t), t) = -w1^2*x(t)-
0*(y(t)^2)-cos(v*t)/9.8, x(0) = 0., y(0) = 0.5e-1};
[animate, animate3d, animatecurve, arrow, changecoords,
complexplot, complexplot3d, conformal, conformal3d,
contourplot, contourplot3d, coordplot, coordplot3d,
densityplot, display, dualaxisplot, fieldplot, fieldplot3d,
gradplot, gradplot3d, implicitplot, implicitplot3d, inequal,

```

interactive, interactiveparams, intersectplot, listcontplot,
 listcontplot3d, listdensityplot, listplot, listplot3d,
 loglogplot, logplot, matrixplot, multiple, odeplot, pareto,
 plotcompare, pointplot, pointplot3d, polarplot, polygonplot,
 polygonplot3d, polyhedra_supported, polyhedraplot, rootlocus,
 semilogplot, setcolors, setoptions, setoptions3d, shadebetween,
 spacecurve, sparsematrixplot, surfdata, textplot, textplot3d,
 tubeplot]

/ d

dsys := { --- x(t) = y(t),

\ dt

d

--- y(t) = -37.40001673 x(t) - 0.1020408163 cos(6.1 t),

dt

\

x(0) = 0., y(0) = 0.05 }

/

dsn1 := dsolve(dsys, numeric);

dsn1 := proc(x_rkf45) ... end;

sys := diff(x(t), t) = y(t)+x(t)*y(t)*0, diff(y(t), t) = -w1^2*x(t)-0*(y(t)^2)-
 cos(v*t)/9.8;

d

sys := --- x(t) = y(t),

dt

d

--- y(t) = -37.40001673 x(t) - 0.1020408163 cos(6.1 t)

dt

fcns := {x(t), y(t)};

fcns := {x(t), y(t)}

```
p := dsolve({sys, x(0) = 0., y(0) = 0.5e-1}, fcns, type = numeric, method =
rkf45_dae, abserr = 1.*10^(-7), relerr = 1.*10^(-7), maxfun = 0);
```

```
p := proc(x_rkf45_dae) ... end;
```

Specification of numpoints

```
odeplot(p, [t, x(t)], 0 .. 30, numpoints = 35);
```

B.3 Фазові портрети кубічного резервуару без перегородок

```
restart;
```

```
with(plots):
```

```
p1:=3.82; p2:= 7.016; p3:=10.17; p4:=13.315; g:=9.8; Pii:=3.1415;
w1:=(p1*sqrt(g)); w2:=(p2*sqrt(g)); w3:=(p3*sqrt(g)); w4:=(p4*sqrt(g));
```

```
p1 := 3.82
```

```
p2 := 7.016
```

```
p3 := 10.17
```

```
p4 := 13.315
```

```
g := 9.8
```

```
Pii := 3.1415
```

```
w1 := 11.95849154
```

```
w2 := 21.96355410
```

```
w3 := 31.83713586
```

```
w4 := 41.68254316
```

```
v:=11.9; b:=3.88;
```

```
v := 11.9
```

```
b := 3.88
```

```
diff(BesselJ(0, x*3.832),x);
```

```
-3.832 BesselJ(1, 3.832 x)
```

```
o:=(-3.832*BesselJ(1, 3.832*x))^2;
```

```
2
```

```
o := 14.684224 BesselJ(1, 3.832 x)
```

```

Y:=evalf(int(((3.832*BesselJ(1, 3.832*x))^2*BesselJ(0, 3.832*x)*x),x=0..1));
      Y := 0.2097501934
N1:=evalf(int(x*(BesselJ(0,p1*x))^2,x=0..1));
      N1 := 0.08110758815
T:=Y/N1/g;
      T := 0.2638850623
T:=T*w1^2;
      T := 37.73702053
with(DEtools);
DEplot({diff(x(t), t) = T*x*y+y, diff(y(t), t) = -w1^2*x-b*y^2-
w1^2*x*cos(v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0., 0.50e-1]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);
DEplot({diff(x(t), t) = y+x*y*0, diff(y(t), t) = -w1^2*x-0*(y^2)-
w1^2*x*cos(v*t)/(g)}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0.5e-1, 0.]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);
with(DEtools);
DEplot({diff(x(t), t) = T*x*y+y, diff(y(t), t) = -w1^2*x-b*y^2-
w1^2*x*cos(v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0., 0.50e-1]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);
with(DEtools);
DEplot({diff(x(t), t) = T*x*y+y, diff(y(t), t) = -w1^2*x-b*y^2-
w1^2*x*cos(2*v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0., 0.50e-1]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);
DEplot({diff(x(t), t) = y+x*y*0, diff(y(t), t) = -w1^2*x-0*(y^2)-
w1^2*x*cos(2*v*t)/(g)}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 30, [[0, 0.5e-1, 0.]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);
b1:=evalf(int(((p1^2*(BesselJ(0,
p1*x))^2+(BesselJ(1,p1*x))^2*(tanh(p1))^2))*BesselJ(0, p1*x)*x),x=0..1));
      b1 := 0.6317734747
N1:=evalf(int(x*(BesselJ(0,p1*x))^2,x=0..1));

```

```

N1 := 0.08110758815
b:=b1/N1/2;
      b := 3.894663182
b2:=evalf(int(((p2^2*(BesselJ(0,
p2*x))^2+(BesselJ(1,p2*x))^2*(tanh(p2))^2))*BesselJ(0, p2*x)*x,x=0..1));
      b2 := 0.5169123109
N2:=evalf(int(x*(BesselJ(0,p2*x))^2,x=0..1));
      N2 := 0.04503473246
b:=b2/N2/2;
      b := 5.739040545
diff(BesselJ(0, x*p2),x);
      -7.016 BesselJ(1, 7.016 x)
o2:=(-p2*BesselJ(1, p2*x))^2;
      2
      o2 := 49.224256 BesselJ(1, 7.016 x)
Y2:=evalf(int((-p2*BesselJ(1, p2*x))^2*BesselJ(0, p2*x)*x,x=0..1));
      Y2 := 0.1722781599
N2:=evalf(int(x*(BesselJ(0,p2*x))^2,x=0..1));
      N2 := 0.04503473246
T:=Y2/N2/g;
      T := 0.3903521373
T:=T*w2^2;
      T := 188.3049766
with(DEtools);
DEplot({diff(x(t), t) = T*x*y+y, diff(y(t), t) = -w2^2*x-b*y^2-
w2^2*x*cos(v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0., 0.50e-1]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);
DEplot({diff(x(t), t) = y+x*y*0, diff(y(t), t) = -w2^2*x-0*(y^2)-
w2^2*x*cos(v*t)/(g)}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0.5e-1, 0.]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);

```

```

with(DEtools);
DEplot({diff(x(t), t) = T*x*y+y, diff(y(t), t) = -w2^2*x-b*y^2-
w2^2*x*cos(v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0., 0.50e-1]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);

with(DEtools);
DEplot({diff(x(t), t) = T*x*y+y, diff(y(t), t) = -w2^2*x-b*y^2-
w2^2*x*cos(2*v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0., 0.50e-1]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);

with(DEtools);
DEplot({diff(x(t), t) = T*x*y+y, diff(y(t), t) = -w2^2*x-b*y^2-
w2^2*x*cos(2*v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0., 0.50e-1]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);

DEplot({diff(x(t), t) = y+x*y*0, diff(y(t), t) = -w2^2*x-0*(y^2)-
w2^2*x*cos(2*v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 30, [[0, 0.5e-1, 0.]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);

b3:=evalf(int(((p3^2*(BesselJ(0,
p3*x))^2+(BesselJ(1,p3*x))^2*(tanh(p3))^2))*BesselJ(0, p3*x)*x,x=0..1));
      b3 := 0.5721668440

N3:=evalf(int(x*(BesselJ(0,p3*x))^2,x=0..1));
      N3 := 0.03117626290

b:=b3/N3/2;
      b := 9.176321835

diff(BesselJ(0, x*p3),x);
      -10.17 BesselJ(1, 10.17 x)

o3:=(-p3*BesselJ(1, p3*x))^2;
      2
      o3 := 103.4289 BesselJ(1, 10.17 x)

Y3:=evalf(int((-p2*BesselJ(1, p3*x))^2*BesselJ(0, p3*x)*x,x=0..1));
      Y3 := 0.09068210493

N3:=evalf(int(x*(BesselJ(0,p3*x))^2,x=0..1));

```

```

N3 := 0.03117626290
T:=Y3/N3/g;
T := 0.2968051701
T:=T*w3^2;
T := 300.8426761
with(DEtools);
DEplot({diff(x(t), t) = T*x*y+y, diff(y(t), t) = -w3^2*x-b*y^2-
w3^2*x*cos(v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0., 0.50e-1]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);
DEplot({diff(x(t), t) = y+x*y*0, diff(y(t), t) = -w3^2*x-0*(y^2)-
w3^2*x*cos(v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0.5e-1, 0.]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);
with(DEtools);
DEplot({diff(x(t), t) = T*x*y+y, diff(y(t), t) = -w3^2*x-b*y^2-
w3^2*x*cos(v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0., 0.50e-1]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);
with(DEtools);
DEplot({diff(x(t), t) = T*x*y+y, diff(y(t), t) = -w3^2*x-b*y^2-
w3^2*x*cos(2*v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0., 0.50e-1]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);
with(DEtools);
DEplot({diff(x(t), t) = T*x*y+y, diff(y(t), t) = -w3^2*x-b*y^2-
w3^2*x*cos(2*v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0., 0.50e-1]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);
DEplot({diff(x(t), t) = y+x*y*0, diff(y(t), t) = -w3^2*x-0*(y^2)-
w3^2*x*cos(2*v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 30, [[0, 0.5e-1, 0.]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);
b4:=evalf(int(((p4^2*(BesselJ(0,
p4*x))^2+(BesselJ(1,p4*x))^2*(tanh(p4))^2))*BesselJ(0, p4*x)*x,x=0..1));
b4 := 0.5364340779

```

```

N4:=evalf(int(x*(BesselJ(0,p4*x))^2,x=0..1));
      N4 := 0.02384041615
b:=b4/N4/2;
      b := 11.25051833
diff(BesselJ(0, x*p4),x);
      -13.315 BesselJ(1, 13.315 x)
o3:=(-p4*BesselJ(1, p4*x))^2;
      2
      o3 := 177.289225 BesselJ(1, 13.315 x)
Y3:=evalf(int(((p4*BesselJ(1, p4*x))^2*BesselJ(0, p4*x)*x),x=0..1));
      Y3 := 0.1792131090
N3:=evalf(int(x*(BesselJ(0,p4*x))^2,x=0..1));
      N3 := 0.02384041615
T:=Y3/N4/g;
      T := 0.7670609365
T:=T*w4^2;
      T := 1332.718061
with(DEtools);
DEplot({diff(x(t), t) = T*x*y+y, diff(y(t), t) = -41.68254316^2*x-b*y^2-
41.68254316^2*x*cos(v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0., 0.50e-1]], stepsize =
0.15e-1, arrows = none, linecolor = black);
DEplot({diff(x(t), t) = y+x*y*0, diff(y(t), t) = -w4^2*x-0*(y^2)-
w4^2*x*cos(v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0.5e-1, 0.]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);
with(DEtools);
DEplot({diff(x(t), t) = T*x*y+y, diff(y(t), t) = -41.68254316^2*x-b*y^2-
41.68254316^2*x*cos(v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0., 0.50e-1]], stepsize =
0.15e-1, arrows = none, linecolor = black);
with(DEtools);

```

```
DEplot({diff(x(t), t) = T*x*y+y, diff(y(t), t) = -41.68254316^2*x-b*y^2-
41.68254316^2*x*cos(2*v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 80, [[0, 0., 0.50e-1]], stepsize =
0.15e-1, arrows = none, linecolor = black);
```

```
with(DEtools);
```

```
DEplot({diff(x(t), t) = T*x*y+y, diff(y(t), t) = -41.68254316^2*x-b*y^2-
41.68254316^2*x*cos(2*v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 200, [[0, 0., 0.50e-1]], stepsize =
0.15e-1, arrows = none, linecolor = black);
```

```
DEplot({diff(x(t), t) = y+x*y*0, diff(y(t), t) = -w4^2*x-0*(y^2)-
w4^2*x*cos(2*v*t)/g}, [x(t), y(t)], t = 0 .. 30, [[0, 0.5e-1, 0.]], stepsize = 0.15e-1,
arrows = none, linecolor = black);
```