УДК 378

DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2019.4.5

ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ ПО ТЕМЕ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕКТОРОВ УСКОРЕНИЙ ТОЧЕК АБСОЛЮТНО ТВЕРДОГО ТЕЛА ПРИ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ»

© С. Г. Прасолов, П. Э. Шендерей*, И. Н. Романова

*Институт менеджмента, маркетинга и права
Россия, 445028 г. Тольятти, Московский пр., 37.*

Тел.: +7 (927) 211 67 56.

**Email: Pavel89272116756@yandex.ru*

В процессе освоения студентами основных законов движения и взаимодействия материальных тел и систематизации полученных знаний на занятиях при преподавании студентам в университетах и технических институтах в разделе «Кинематика» дисциплины «Теоретическая механика» темы «Определение векторов ускорений точек абсолютно твердого тела при плоскопараллельном движении» освещаются только пять способов.

Предлагаемый шестой способ определения векторов ускорений точек абсолютно твердого тела при плоскопараллельном движении основан на использовании теоремы «О проекциях векторов ускорений двух точек абсолютно твердого тела при его плоскопараллельном движении», которая также не освещается во всех учебниках по дисциплине «Теоретическая механика».

Ключевые слова: теоретическая механика, плоскопараллельное движение, ускорение, твердое тело, вектор ускорения.

Теоретическая механика является одной из фундаментальных естественно-научных дисциплин и лежит в основе современной науки и техники [1–8; 19–27].

Освоение теоретической механики направлено на формирование системы фундаментальных знаний, которые позволят будущему специалисту проводить анализ проблем, лежащих в профессиональной области [1–27].

В процессе освоения студентами основных законов движения и взаимодействия материальных тел и систематизации полученных знаний на занятиях при преподавании студентам в университетах и технических институтах в разделе «Кинематика» дисциплины «Теоретическая механика» темы «Определение векторов ускорений точек абсолютно твердого тела при плоскопараллельном движении» освещаются только пять способов [7–27].

Первый способ основан на дифференцировании дважды по времени параметрических законов движения точек абсолютно твердого тела, которое совершает плоскопараллельное движение.

Второй способ основан на применении формулы распределения ускорений двух точек абсолютно твердого тела при плоскопараллельном движении, одна из которых принимается за полюс.

Третий способ основан на использовании мгновенного центра ускорений абсолютно твердого тела, которое совершает плоскопараллельное движение.

Четвертый способ основан на построении плана ускорений точек абсолютно твердого тела в некотором масштабе ускорений.

Пятый способ основан на нахождении проекций ускорений любой точки абсолютно твердого тела на неподвижные координатные оси.

Нахождение происходит через известные проекции вектора угловой скорости и вектора углового

ускорения на ось, перпендикулярную к плоскости движения, координаты искомой точки и любой другой точки абсолютно твердого тела, у которой известны проекции ее ускорения на неподвижные координатные оси.

Предлагается шестой способ, который не освещается во всех учебниках по дисциплине «Теоретическая механика» и не излагается студентам на занятиях.

Предлагаемый шестой способ определения векторов ускорений точек абсолютно твердого тела при плоскопараллельном движении основан на использовании теоремы «О проекциях векторов ускорений двух точек абсолютно твердого тела при его плоскопараллельном движении», которая также не освещается во всех учебниках по дисциплине «Теоретическая механика»:

Проекция векторов ускорений двух точек абсолютно твердого тела, которое совершает плоскопараллельное движение, на одну прямую равны. Эта прямая повернута относительно прямой, проходящей через эти две точки, в плоскости движения этого тела на угол $\delta = \arctg(\omega^2/\varepsilon)$ в сторону углового ускорения.

Где ω и ε – соответственно проекции вектора угловой скорости и вектора углового ускорения на ось, перпендикулярную к плоскости движения.

Этот шестой способ, основанный на представленной теореме, позволяет решать некоторые задачи теоретической механики, которые нельзя решить представленными пятью выше способами.

В доказательство этого приведем пример.

Пример: абсолютно твердый стержень АВ, длина которого неизвестна, совершает плоскопараллельное движение в плоскости рис., вращаясь ускоренно по часовой стрелке. Известно, что ускорение точки А в 1.2 раза больше ускорения точки В.

Рис. Пример шестого способа определения векторов ускорений точек абсолютно твердого тела при плоскопараллельном движении.

Чему равны эти ускорения по модулю неизвестно. Вектор ускорения точки А направлен по стержню к точке В. Как направлен вектор ускорения точки В неизвестно. В данный момент времени угловая скорость $\omega = 1$ рад/с, а угловое ускорение $\varepsilon = 1$ рад/с². Найти α – угол наклона вектора ускорения точки В к прямой АВ.

Решение: применим теорему «О проекциях векторов ускорений двух точек абсолютно твердого тела при его плоскопараллельном движении» для точек А и В:

$$a_A \cos \delta = a_B \cos(\delta - \alpha), \quad (1)$$

где угол наклона прямой, на которую проецировались вектора ускорений точек А и В, к прямой АВ:

$$\delta = \arctg(\omega^2 / \varepsilon) = \arctg(1^2 / 1) = 45^\circ \quad (2)$$

Подставив значения в формулу (1), находим:

$$1.2 \cos 45^\circ = \cos(45^\circ - \alpha), \quad (3)$$

Решая уравнение (3), находим:

$$\alpha \approx 13.05^\circ$$

Ответ: угол наклона вектора ускорения точки В к прямой АВ примерно равен 13.05 град.

Пять способов, которые освещаются при преподавании студентам в университетах и технических институтах в разделе «Кинематика» дисциплины «Теоретическая механика» темы «Определение векторов ускорений точек абсолютно твердого тела при плоскопараллельном движении», не позволяют решать похожие задачи, т.к.:

✓ при первом способе неизвестны законы плоскопараллельного движения абсолютно твердого тела и, определить эти законы невозможно, так как неизвестны траектории движения точек этого тела;

✓ при втором способе неизвестны линейные размеры между точками абсолютно твердого тела и ускорение одной из точек по модулю;

✓ при третьем способе неизвестен мгновенный центр ускорений абсолютно твердого тела, которое совершает плоскопараллельное движение, и найти этот мгновенный центр ускорений невозможно. А также неизвестны линейные размеры между точками абсолютно твердого тела;

✓ при четвертом способе неизвестен план ускорений точек абсолютно твердого тела и, построить его в некотором масштабе ускорений невоз-

можно, так как неизвестны ускорения всех точек этого тела по модулю и неизвестно направление вектора ускорений одной из точек;

✓ при пятом способе неизвестны координаты точек абсолютно твердого тела и неизвестны проекции вектора ускорения одной из точек на неподвижные координатные оси.

То есть данный шестой способ необходимо излагать студентам при преподавании в университетах и технических институтах в разделе «Кинематика» дисциплины «Теоретическая механика» темы «Определение векторов ускорений точек абсолютно твердого тела при плоскопараллельном движении» наравне с пятью другими способами.

Выводы

Шестой способ необходимо излагать студентам при преподавании в университетах и технических институтах в разделе «Кинематика» дисциплины «Теоретическая механика» темы «Определение векторов ускорений точек абсолютно твердого тела при плоскопараллельном движении» наравне с пятью другими способами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Парфенова И. А., Жаркова О. М., Лежнев В. В., Сковородов Г. М., Цой Г. Д. Методика преподавания основ теоретической механики // Современные проблемы науки и образования. 2019. №2.
2. Охоцимский Д. Е. К теории движения ракет // Прикладная математика и механика. 1946. Т. 10. №2. С. 251–272.
3. Охоцимский Д. Е., Энзев Т. М. Некоторые вариационные задачи, связанные с запуском искусственного спутника Земли // Успехи физических наук. 1957. Т. 63. №1а. С. 5–32.
4. Келдыш М. В., Камынин С. С., Охоцимский Д. Е. Баллистические возможности составных ракет // М. В. Келдыш. Избранные труды. Ракетная техника и космонавтика. М.: Наука, 1988. С. 39–140.
5. Келдыш М. В., Егоров В. А., Камынин С. С., Охоцимский Д. Е., Энзев Т. М. Теоретические исследования динамики полета составных крылатых ракет дальнего действия // Келдыш М. В. Избранные труды. Ракетная техника и космонавтика. М.: Наука, 1988. С. 147–196.
6. Келдыш М. В., Охоцимский Д. Е., Власова З. П., Казакова Р. К. Точечный взрыв в атмосфере // Келдыш М. В. Избранные труды. Механика. М.: Наука, 1985. С. 536–563.
7. Кепе О. Э., Вйба Я. А., Грапис О. П. и др. Сборник коротких задач по теоретической механике / под ред. О. Э. Кепе. СПб.: Лань, 2008.

8. Голоскоков Д. П. Практический курс математической физики в системе Maple. СПб.: изд-во Парк-Ком, 2010. 644 с.
9. Кирсанов М. Н. Maple и MapleT. Решения задач механики. СПб.: Лань, 2012.
10. Кирсанов М. Н. Генератор задач по теоретической механике и математике: сб. Информатизация инженерного образования. Электронные образовательные ресурсы МЭИ, 2006 М.: изд-во МЭИ. С. 59–62.
11. Кирсанов М. Н. Теоретическая механика. Сб. задач. М.: ИНФРА-М, 2014. 430 с.
12. Кирсанов М. Н. Задачи по теоретической механике с решениями в Maple 11. М.: Физматлит, 2010.
13. Кирсанов М. Н. Опыт чтения лекций по механике и математике на youtube.com // Труды Междунар. научно-метод. конф. «Информатизация инженерного образования» ИНФОРИНО-2014 (М., 15–16 апреля 2014 г.). М.: изд-во МЭИ. 2014. С. 427–430.
14. Сорокина Е. И. Использование интерактивных методов обучения при проведении лекционных занятий / Е. И. Сорокина, Л. Н. Маковкина, М. О. Колобова // Теория и практика образования в современном мире: мат-лы III междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, май 2013 г.). СПб.: Реноме, 2013. С. 167–169.
15. Косолапова С. А. Электронный учебник по курсу Теоретической механики / С. А. Косолапова, Т. Г. Калиновская // Внутривузовские системы обеспечения качества подготовки: мат-лы 4-й междунар. науч.-практ. конф. (Красноярск, 23–24 ноября 2006 г.). Красноярск, 2006. С. 210–211.
16. Сазонова З. Раздел «Кинематика» в структуре совместной педагогической деятельности / З. Сазонова, Т. Ткачева, Н. Демидова // Высшее образование в России. 2006. №8.
17. Павлов Я. М. Детали машин. М.: «Машиностроение», 1969. 448 с.
18. Батурин А. Т. Детали машин / Батурин А. Т., Ицкович Г. М., Панич Б. Б., И. М. Чернин. М.: «Машиностроение», 1971. 464 с.
19. Аркуша А. И., Фролов М. И. Техническая механика: учебное пособие для техникумов. М.: Высш. шк., 2005. 446 с.
20. Никитин Н. Н. Курс теоретической механики. М.: Высшая школа, 2010.
21. Яблонский А. А., Никифорова В. А. Курс теоретической механики: учебник. М., 2007. Ч. 1–2.
22. Бутенин Н. В., Лунц Я. Л., Меркин Д. Р. Курс теоретической механики: учебник. М., 2002. Т. 1–2.
23. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: учебник. М.: Наука, 1986.
24. Мещерский И. В. Задачи по теоретической механике: учеб. пособие. М.: изд-во «Лань», 2010.
25. Сборник задач для курсовых работ по теоретической механике: учеб. пособие / под ред. А. А. Яблонского. М.: Высш. шк., 2007.
26. Бать М. И., Джанелидзе Г. Ю., Кельзон А. С. Теоретическая механика в примерах и задачах: учебн. пособие. М., 2007. Ч. 1–2.
27. Методы теоретической механики. Ч. 2. Динамика: учебн. пособие / Брискин Е. С., Жога В. В., Кондаков В. Д., и др. Волгоград. гос. техн. ун-т, Волгоград. 1995.

Поступила в редакцию 01.10.2019 г.

QUESTIONS OF THE METHOD OF TEACHING THEORETICAL MECHANICS ON THE TOPIC “DETERMINATION OF VECTORS OF ACCELERATION OF POINTS OF ABSOLUTELY SOLID BODY IN PLANE-PARALLEL MOTION”

© S. G. Prasolov, P. E. Shenderyev*, I. N. Romanova

*Institute of Management, Marketing and Law
37 Moscow Avenue, 445028 Tolyatti, Russia.*

Phone: +7 (927) 211 67 56.

**Email: pavel89272116756@yandex.ru*

When teaching students in universities and technical institutes the section “Kinematics” of the discipline “Theoretical mechanics”, the topic “Definition of vectors of acceleration of points of absolutely solid body in plane-parallel movement” is considered only in five ways. The first method is based on differentiation twice in time of parametric laws of motion of points of absolutely solid body, which performs plane-parallel motion. The second method is based on application of formula of distribution of accelerations of two points of absolutely solid body in plane-parallel motion, one of which is taken as pole. The third method is based on the use of an instant center of acceleration of an absolutely solid body, which performs a plane-parallel movement. The fourth method is based on building a plan of acceleration of points of an absolutely solid body on some acceleration scale. The fifth method is based on finding projections of accelerations of any point of an absolutely solid body on fixed coordinate axes. Finding takes place through known projections of angular velocity vector and angular acceleration vector on axis perpendicular to motion plane, coordinates of sought-after point and any other point of absolutely solid body, which has known projections of its acceleration on fixed coordinate axes. The authors of the article proposed sixth method, which is not considered in all textbooks for the discipline “Theoretical Mechanics” and is not presented to students in classes. The proposed sixth method, determination of acceleration vectors of points of absolutely solid body in plane-parallel motion, is based on the use of the theorem “On projections of acceleration vectors of two points of absolutely solid body in its plane-parallel motion”, which is also not considered in all textbooks for the discipline “Theoretical mechanics”.

Keywords: theoretical mechanics, plane-parallel motion, acceleration, solid body, acceleration vector.

Published in Russian. Do not hesitate to contact us at bulletin_bsu@mail.ru if you need translation of the article.

REFERENCES

1. Parfenova I. A., Zharkova O. M., Lezhnev V. V., Skovorodov G. M., Tsoi G. D. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2019. No. 2.
2. Okhotsimskii D. E. *Prikladnaya matematika i mekhanika*. 1946. Vol. 10. No. 2. Pp. 251–272.
3. Okhotsimskii D. E., Eneev T. M. *Uspekhi fizicheskikh nauk*. 1957. Vol. 63. No. 1a. Pp. 5–32.
4. Keldysh M. V., Kamynin S. S., Okhotsimskii D. E., M. V. Keldysh. *Izbrannye trudy. Raketnaya tekhnika i kosmonavtika*. Moscow: Nauka, 1988. Pp. 39–140.
5. Keldysh M. V., Egorov V. A., Kamynin S. S., Okhotsimskii D. E., Eneev T. M., Keldysh M. V. *Izbrannye trudy. Raketnaya tekhnika i kosmonavtika*. Moscow: Nauka, 1988. Pp. 147–196.
6. Keldysh M. V., Okhotsimskii D. E., Vlasova Z. P., Kazakova R. K., Keldysh M. V. *Izbrannye trudy. Mekhanika*. Moscow: Nauka, 1985. Pp. 536–563.
7. Kepe O. E., Viba Ya. A., Grapis O. P. i dr. *Sbornik korotkikh zadach po teoreticheskoi mekhanike* [Collection of short tasks on theoretical mechanics]. Ed. O. E. Kepe. Saint Petersburg: Lan', 2008.
8. Goloskokov D. P. *Prakticheskii kurs matematicheskoi fiziki v sisteme Maple* [Practical course of mathematical physics in the Maple system]. Saint Petersburg: izd-vo Park-Kom, 2010.
9. Kirsanov M. N. *Maple i Maplet. Resheniya zadach mekhaniki* [Maple and Maplet. Solutions of tasks on mechanics]. Saint Petersburg: Lan', 2012.
10. Kirsanov M. N. *Generator zadach po teoreticheskoi mekhanike i matematike: sb. Informatizatsiya inzhenerenogo obrazovaniya* [The generator of tasks on theoretical mechanics and mathematics: compilation Computerization of engineering education]. *Elektronnye obrazovatel'nye resursy MEI*, 2006 Moscow: izd-vo MEI. Pp. 59–62.
11. Kirsanov M. N. *Teoreticheskaya mekhanika. Sb. zadach* [Theoretical mechanics. Task book]. Moscow: INFRA-M, 2014.

12. Kirsanov M. N. Zadachi po teoreticheskoi mekhanike s resheniyami v Maple 11 [Tasks on theoretical mechanics with solutions in Maple 11]. Moscow: Fizmatlit, 2010.
13. Kirsanov M. N. Trudy Mezhdunar. nauchno-metod. konf. «Informatizatsiya inzhenerenogo obrazovaniya» INFORINO-2014 (M., 15–16 aprelya 2014 g.). Moscow: izd-vo MEI. 2014. Pp. 427–430.
14. Sorokina E. I. Teoriya i praktika obrazovaniya v sovremennom mire: mat-ly III mezhdunar. nauch. konf. (g. Sankt-Peterburg, mai 2013 g.). Saint Petersburg: Renome, 2013. Pp. 167–169.
15. Kosolapova S. A. Vnutrivuzovskie sistemy obespecheniya kachestva podgotovki: mat-ly 4-i mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Krasnoyarsk, 23–24 noyabrya 2006 g.). Krasnoyarsk, 2006. Pp. 210–211.
16. Sazonova Z. Vysshee obrazovanie v Rossii. 2006. No. 8.
17. Pavlov Ya. M. Detali mashin [Machine parts]. Moscow: «Mashinostroyeniye», 1969.
18. Baturin A. T. Detali mashin [Machine parts] / Baturin A. T., Itskovich G. M., Panich B. B., I. M. Chernin. Moscow: «Mashinostroyeniye», 1971.
19. Arkusha A. I., Frolov M. I. Tekhnicheskaya mekhanika: uchebnoe posobie dlya tekhnikumov [Technical mechanics: textbook for technical schools]. Moscow: Vyssh. shk., 2005.
20. Nikitin N. N. Kurs teoreticheskoi mekhaniki [The course of theoretical mechanics]. Moscow: Vysshaya shkola, 2010.
21. Yablonskii A. A., Nikiforova V. A. Kurs teoreticheskoi mekhaniki: uchebnik [The course of theoretical mechanics: textbook]. Moscow, 2007. Pt. 1–2.
22. Butenin N. V., Lunts Ya. L., Merkin D. R. Kurs teoreticheskoi mekhaniki: uchebnik [The course of theoretical mechanics: textbook]. Moscow, 2002. Vol. 1–2.
23. Targ S. M. Kratkii kurs teoreticheskoi mekhaniki: uchebnik [The short course of theoretical mechanics: textbook]. Moscow: Nauka, 1986.
24. Meshcherskii I. V. Zadachi po teoreticheskoi mekhanike: ucheb. posobie [Tasks on theoretical mechanics: textbook]. Moscow: izd-vo «Lan'», 2010.
25. Sbornik zadach dlya kursovykh rabot po teoreticheskoi mekhanike: ucheb. posobie [Collection of tasks for term papers on theoretical mechanics: textbook]. Ed. A. A. Yablonskogo. Moscow: Vyssh. shk., 2007.
26. Bat' M. I., Dzhanelidze G. Yu., Kel'zon A. S. Teoreticheskaya mekhanika v primerakh i zadachakh: uchebn. posobie [Theoretical mechanics in examples and tasks: textbook]. Moscow, 2007. Pt. 1–2.
27. Metody teoreticheskoi mekhaniki. Pt. 2. Dinamika: uchebn. posobie [The methods of theoretical mechanics. Part 2. Dynamics: textbook] / Briskin E. S., Zhoga V. V., Kondakov V. D., i dr. Volgograd. gos. tekhn. un-t, Volgograd. 1995.

Received 01.10.2019.