

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Барановичский государственный университет»
Инженерный факультет
Факультет экономики и права

ЭКОНОМИКА, ТЕХНОЛОГИИ И ПРАВО В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Материалы Международной научно-практической конференции
факультета экономики и права и инженерного факультета

(Барановичи, 20 октября 2016 года)

Барановичи
БарГУ
2017

УДК 001(063)

В сборнике представлены материалы, затрагивающие широкий круг вопросов, посвященных эффективному экономическому развитию организаций и регионов, маркетингу и менеджменту. Особое внимание уделено проблемам применения и совершенствования национального законодательства. Раскрываются теоретические и практические результаты научного поиска авторов по инженерному профилю, затрагивается проблемное поле современной физики и математики. Материалы носят как теоретический, так и практико-ориентированный характер

Издание предназначено для преподавателей, студентов, магистрантов, аспирантов и научных работников.

Редакционная коллегия:

А. В. Никишова (гл. ред.), Ю. Е. Горбач, В. Н. Кременевская (отв. секретари),
В. Н. Познякевич, О. В. Павловская, Г. Я. Житкевич, М. В. Андрияшко, О. И. Людвигевич, О. И. Наранович,
А. К. Гавриленя, И. Н. Бруй, В. А. Дремук

Рецензенты:

кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры международных экономических отношений Белорусского государственного университета Е. В. Бертош,
доктор технических наук, заведующий лабораторией обработки металлов давлением В. А. Томило

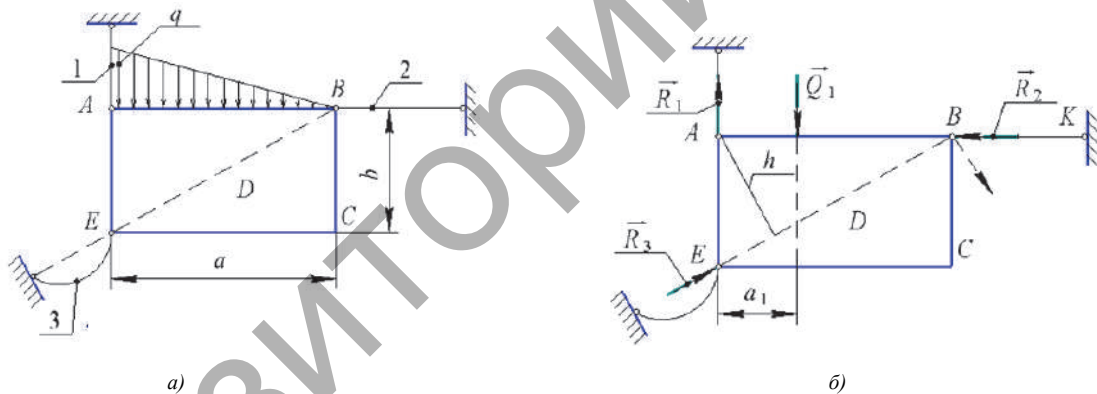
УЯЎНЫЯ ЭКСПЕРЫМЕНТЫ Ў ЗАДАЧАХ СІЛОВОГА АНАЛІЗУ ПЛОСКІХ МЕХАНІЧНЫХ СІСТЭМ

Уводзіны. Работа выконваецца ў рамках вучэбнага працэсу па тэарэтычнай механіцы з мэтай мінімізацыі цяжкасцей, што ўзнікаюць пры вывучэнні курса. Увага засяроджваецца на паглыбленым засваенні фундаментальных паняццяў дысцыпліны, высвятленні іх механічнага сэнсу. Цяжкасці ў вывучэнні тэарэтычнай механікі выкліканы прычынамі як аб'ектыўнага, так і суб'ектыўнага характару. Фармулёўка агульных тэарэм і законаў механікі патрабуе ўвядзення і аперыравання абстрактнымі паняццямі. У падручніках і вучэбных дапаможніках па дысцыпліне дамінуе цяжкадаступны дэдуктыўны метада даследавання з прымяненнем досыць складаных раздзелаў вышэйшай матэматыкі. Досвед выкладання курса паказвае, што адной з прычын цяжкасцей у яго вывучэнні з'яўляецца нізкі ўзровень засваення фундаментальных паняццяў, што ўводзяцца на самым пачатку — у стацыты. Да іх адносяцца: раўнавага, аб'ект раўнавагі, сувязь, рэакцыя сувязі. Гэтыя паняцці выкарыстоўваюцца затым на ўсім працягу вывучэння курса і пераходзяць у іншыя агульнанавуковыя дысцыпліны.

Асноўная частка. Каб засвоіць асноўныя паняцці на пачуццёвым узроўні, намі распрацаваны адмысловыя заданні на паглыблены *якасны* сілавы аналіз. Для іх выканання часта патрэбна правядзенне ўяўных эксперыментаў. Адсутнасць працаёмкіх матэматычных разлікаў дазваляе значна павялічыць колькасць і разнастайнасць аналізуемых механічных сістэм, рабіць абагульненні, выходзіць на інтуітыўныя працэсы. Вынікі якаснага аналізу правяраюцца з дапамогай ураўненняў раўнавагі. Разгледзім прыклады на вызначэнне рэакцый сувязей як *сіл супрацьдзеяння*.

Прыклад 1.

На цела D прамавугольнай формы дзейнічае нагрузка, размеркаваная па лінейнаму закону (рысунак 1, *а*). Яе максімальная інтэнсіўнасць роўна q . Вызначыць напрамкі рэакцый сувязей, не складаючы ўмоў раўнавагі.



Рысунак 1 — Аналіз раўнавагі цела прамавугольнай формы

Раішэнне.

1. Абазначаем сувязі лічбамі 1, 2, 3. Размеркаваную нагрузку замяняем раўнадзейнай сілай $Q = qa/2$. Яе лінія дзеяння праходзіць на адлегласці $a_1 = a/3$ ад левага краю цела (гл. рысунак 1, *б*). У гэтай задачы Q — дзеянне на механічную сістэму.

2. Аналізуем сувязі. Кожная з іх ўяўляе сабою бязважкі стрыжань з ідэальнымі шарнірамі на канцах. Разам яны ўтвараюць трохвалентную сістэму сувязей, накладзеных на аб'ект раўнавагі D .

3. Вызначаем напрамкі рэакцый — *сіл процідзеяння*. Паводле ўласцівасцей сувязей-стрыжняў лініі дзеяння іх рэакцый праходзяць праз шарніры. Пры гэтым рэакцыя можа быць накіравана ад матэрыяльнага аб'екта альбо да яго. Вызначым напрамак рэакцыі R_1 . Калі на рысунку 1, *б* уяўна на імгненне адкінуць стрыжань 1, то вугал A цела D пад дзеяннем сілы Q пачне апускацца. Стрыжань будзе аказваць процідзеянне такому перамяшчэнню. Таму яго рэакцыя R_1 накіравана ўверх. Адкінем уяўна стрыжань 2. Тады цела D у першы момант будзе паварочвацца вакол пункта E , а пункт B пачне рухацца ў напрамку, паказаным на рысунку 1, *б*, пункцірнай стрэлкай. Пры такім перамяшчэнні пункт B наблізіцца да пункта K , а стрыжань 2 павінен сіцснуцца. Таму яго процідзеянне накіравана да цела D . Для вызначэння напрамку рэакцыі R_3 заменім сувязі 1, 2 нерухомым цыліндрычным шарнірам, змясціўшы яго ў пункце A . Цяпер, калі ўяўна адкінем сувязь 3, то пад дзеяннем сілы Q цела D будзе паварочвацца

вакол пункта A ў напрамку руху стрэлкі гадзінніка. Для раўнавагі цела процідзеянне R_3 стрыжня 3 павінна быць накіравана супраць руху стрэлкі гадзінніка (гл. рысунак 1, б).

4. Правяраем напрамкі рэакцый з дапамогай ураўненняў раўнавагі. Ураўненні складаем такім чынам, каб кожнае з іх утрымлівала толькі адну невядомую рэакцыю:

$$\sum M_B(\vec{F}_i) = -R_1 a + Q(a - a_1) = 0;$$

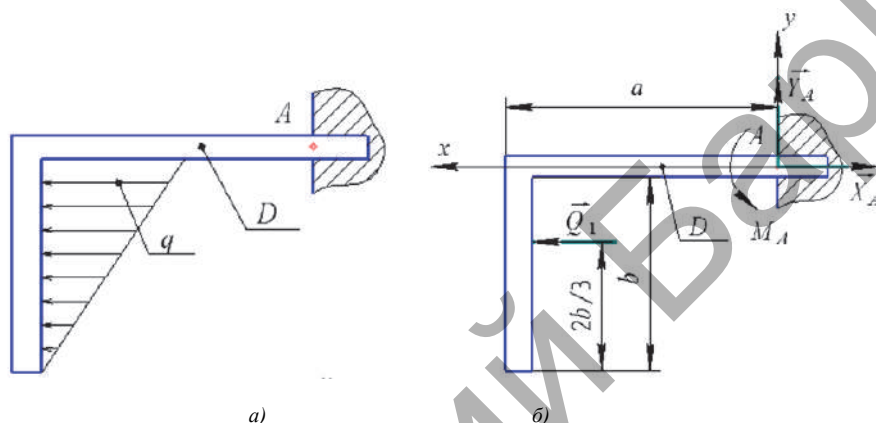
$$\sum M_E(\vec{F}_i) = R_2 b - Q a_1 = 0;$$

$$\sum M_A(\vec{F}_i) = R_3 h - Q a_1 = 0.$$

Адсюль $R_1 = Q(a - a_1) / a$; $R_2 = Q a_1 / b$; $R_3 = Q a_1 / h$. Паколькі рэакцыі атрымаліся дадатныя, то іх напрамкі ўстаноўлены правільна.

Прыклад 2.

Ломаны стрыжань D замацаваны адным канцом у сцяне і нагружаны размеркаванай па лінейнаму закону нагрузкай, максімальная інтэнсіўнасць якой роўна q (рысунак 2, а). Вызначыць напрамкі рэакцый сувязі на падставе іх механічнага сэнсу.



Рысунак 2 — Аналіз раўнавагі ломанага стрыжня

Рашэнне.

1. Даўжыні ўчасткаў стрыжня D абазначаем літарамі a , b . Размеркаваную нагрузку замяняем раўнадзейнай сілай Q , велічыня якой роўна плошчы трохвугольніка са старонамі b , q : $Q = bq / 2$. Лінія дзеяння сілы Q праходзіць праз цэнтр цяжару трохвугольніка (рысунак 2, б). Трохвалентную сувязь, называемую жорсткай замацоўкай, абазначым літарай A .

2. Уводзім сістэму восей каардынат Ax . З тэорыі вядома, што ў агульным выпадку рэакцыя сувязі A трохкампанентная; яна складаецца з дзвюх рэактыўных сіл X_A , Y_A , што утрымліваюць цела D ад паступальнага перамяшчэння ўздоўж восей каардынат Ax , Ay , і рэактыўнай пары M_A , якая ўтрымлівае яго ад павароту. Напрамкі рэакцый вызначаюць як сілы процідзеяння, а дзеянне на цела аказвае сіла Q . Яна імкнецца зрушыць яго паступальна ўлева ўздоўж восі Ax і павярнуць адносна замацоўкі A за рухам стрэлкі гадзінніка; таму сіла X_A накіравана ўправа, а рэактыўная пара M_A — супраць руху стрэлкі гадзінніка. Гарызонтальная сіла Q не можа рухаць цела D у вертыкальным напрамку. Таму адпаведнае процідзеянне адсутнічае: $Y_A = 0$.

3. Для правэркі напрамкаў рэакцый X_A , M_A складаем умовы раўнавагі: $\sum X_i = Q - X_A = 0$; $\sum M_A(\vec{F}_i) = M_A - \frac{Qb}{3} = 0$ (таўшчыня стрыжня ігнаруем). Адсюль $X_A = Q$; $M_A = Qb / 3$. Прыходзім да высновы: паколькі X_A , M_A дадатныя, то іх напрамкі на рысунку 2 правільныя.

Заклучэнне. Распрацаваны адмысловы тып якасных заданняў, які дазваляе павысіць узровень засваення студэнтамі асноўных паняццяў статыкі і злучыць у свядомасці тэарэтычныя звесткі з рэальнымі механічнымі сістэмамі. Прыведзены прыклады сілавога аналізу з выкарыстаннем уяўных эксперыментаў.