

2.6. Методыка рашэння задач па тэме

«Законы захавання ў механіцы»

Задачы па тэме «Законы захавання ў механіцы» умоуна можна падзяліць на чатыры асноўныя групы.

1. Задачы на прымяненне закону захавання імпульсу, звычайна ў камбінацыі з законамі кінематыкі і дынамікі.
2. Задачы на разлік работы і магутнасці, як правіла, або ў камбінацыі з законамі кінематыкі і дынамікі, або з тэарэмай аб змяненні энергіі.
3. Задачы на прымяненне закону захавання механічнай энергіі.
4. Задачы, у якіх адначасова выкарыстоўваюцца абодва законы захавання (сутыкненні цел).

Закон захавання імпульсу

Другі закон Ньютана $m\bar{a} = \bar{F}$ можа быць запісаны ў выглядзе $m\Delta\bar{v} = \bar{F}\Delta t$, г. зн. змяненне імпульсу цела ($\Delta p = m\Delta\bar{v} = m\bar{v}_2 - m\bar{v}_1$) роўна імпульсу раўнадзейнай усіх знешніх сіл, што дзейнічаюць на гэта цела.

Імпульс фізічнай сістэмы роўны вектарнай суме імпульсаў цел, якія ўваходзяць у гэту сістэму: $\bar{p} = \sum_{i=1}^n \bar{p}_i$.

Тады змяненне імпульсу сістэмы цел $\Delta\bar{p} = \Delta t \sum_{i=1}^n \bar{F}_i$, г. зн. змяненне імпульсу фізічнай сістэмы, роўна вектарнай суме імпульсаў усіх знешніх сіл, што дзейнічаюць на гэту сістэму на працягу часу Δt .

Калі $\Delta t \sum_{i=1}^n \bar{F}_i = \bar{0}$, то $\bar{p} = \text{const}$, г. зн. імпульс сістэмы захоўваецца.

Гэта магчыма ў наступных выпадках:

1. Фізічная сістэма замкнёная (знешнія сілы адсутнічаюць).
2. Дзеянне знешніх сіл на фізічную сістэму скампенсаванае,

г. зн. $\sum_{i=1}^n \bar{F}_i = \bar{0}$ (сістэма ізаляваная).

3. Час дзеяння знешніх сіл малы ($\Delta t \rightarrow 0, F_{\text{унутр}} \gg F_{\text{знешн}}$).

4. Калі ўмовы 1 або 2 выконваюцца для пэўнага напрамку, то захоўваецца толькі праекцыя імпульсу сістэмы на гэты напрамак.

У адпаведнасці з асноўнымі этапамі рашэння задачы па фізіцы пры рашэнні задач па закон захавання імпульсу можна карыстацца наступным квазіалгарытмам.

1. Прааналізуйце фізічную сітуацыю, апісаную ў задачы, і вылучыце яўна і няяўна зададзеныя матэрыяльныя аб'екты задачы.
 2. Выберыце сістэму адліку і ацаніце магчымасць яе выкарыстання пры дапамозе інерцыяльнай сістэмы адліку.
 3. Выберыце фізічную сістэму і замяніце аб'екты, уключаныя ў яе, іх ідэальнымі мадэлямі.
 4. Вызначце тып фізічнай сістэмы, вылучыце яе пачатковы і канечны станы і высветліце магчымасць прымянення закону захавання імпульсу для апісання гэтай сістэмы.
 5. Запішыце закон захавання імпульсу ў вектарнай форме (пры выкананні ўмоў 1–3) або ў праекцыях на пэўны напрамак (пры выкананні ўмовы 4).
 6. Пакажыце на схематычным рысунку вектары імпульсаў усіх цел фізічнай сістэмы ў пачатковым і канечным станах сістэмы (непасрэдна перад узаемадзеяннем і непасрэдна пасля яго).
 7. Спрацыруйце вектарныя велічыні на восі Ox і Oy (сістэма каардынат выбіраецца адвольна, па крытэрыю «зручнасці» праекцыравання) і праверце, ці з'яўляецца атрыманая сістэма ўраўненняў поўнай.
 8. Рашыце атрыманую сістэму скалярных ураўненняў адносна невядомых у агульным выглядзе.
 9. Праверце правільнасць рашэння ў агульным выглядзе.
 10. Выканайце лікавыя разлікі.
 11. Прааналізуйце вынікі.
- Пры ўзнікненні цяжкасцей у працэсе аналізу звяртайцеся да з'яўляюцца арыенціраў.

Эўрыстычныя арыенціры
(аналіз фізічнай сітуацыі і вынікаў рашэння)

1. Выберыце інерцыяльную сістэму адліку:
 1. Што называецца сістэмай адліку?
 2. У якіх выпадках сістэму адліку можна лічыць інерцыяльнай?
 3. Ці можна не ўлічваць вярчэнне Зямлі вакол восі, яе рух вакол Сонца?
 4. Ці можна сістэму адліку, звязаную з паверхняй Зямлі, лічыць у дадзенай задачы інерцыяльнай?

60

II. Вылучыце сістэму цел, якія ўзаемадзейнічаюць:

1. Што называецца фізічнай сістэмай?
2. Якія целы разглядаюцца ў задачы?
3. Якія з цел уключаны ў фізічную сістэму?

III. Устаноўце ізаляванасць фізічнай сістэмы:

1. Якая сістэма цел называецца замкнёнай, ізаляванай?
2. Ці дзейнічаюць на фізічную сістэму, вылучаную ў задачы, знешнія сілы, ці скампенсаваныя яны?
3. Ці ёсць у сістэме напрамкі, па якіх знешнія сілы не дзейнічаюць?
4. Ці можна не ўлічваць знешнія сілы ў параўнанні з унутранымі?
5. Ці з'яўляецца вылучаная сістэма цел замкнёнай, ізаляванай?

IV. Высветліце магчымасць прымянення закону захавання імпульсу да фізічнай сістэмы, вылучанай у задачы:

1. Што называецца імпульсам цела; імпульсам фізічнай сістэмы?
2. Як фармулюецца закон захавання імпульсу?
3. Ці захоўваецца ў задачы поўны вектар імпульсу цел фізічнай сістэмы або толькі яго праекцыя на адзін з напрамкаў?

V. Высветліце магчымасць прымянення тэарэмы аб змяненні імпульсу сістэмы цел:

1. Ці дзейнічаюць на фізічную сістэму, вылучаную ў задачы, знешнія сілы?
2. Ці скампенсаваныя яны?
3. Ці змяняюцца імпульсы цел фізічнай сістэмы?
4. Унутраныя ці знешнія сілы з'яўляюцца прычынай змянення імпульсаў цел сістэмы?

Работа. Энергія. Закон захавання энергіі

Механічная работа — гэта працэс пераўтварэння аднаго віду руху ў другі або перадачы руху ад аднаго цела (сістэмы цел) да другога цела (або сістэмы цел).

Фізічная скалярная велічыня, якая з'яўляецца колькаснай мерай гэтага працэсу, называецца работай. У механіцы работай (што выконваецца пастаяннай сілай F над целам, якое рухаецца прамалінейна) называецца фізічная скалярная велічыня, роўная

61

здабытку модуля сілы на модуль перамяшчэння і на косінус вугла паміж сілай і перамяшчэннем, г.зн.

$$A = F\Delta l \cos \alpha ; A = (\vec{F} \cdot \Delta l).$$

Пры разліку магутнасці, якую развівае пастаянная сіла, выкарыстоўваюцца формулы:

$$P = \frac{A}{t} \quad (1), \quad P = Fv \cos \alpha \quad (2), \quad P = F_u v \quad (3),$$

дзе F_u — сіла цягі.

Прычым формула (1) заўсёды дае сярэднюю магутнасць. Па формулах (2) і (3) можна разлічыць як сярэднюю, так і імгненную магутнасці. Калі ў гэтыя формулы падставіць сярэднюю скорасць, атрымаем сярэдняе значэнне магутнасці; калі імгненную — імгненнае значэнне. У некаторых задачах на разлік работы і магутнасці неабходна дадаткова выкарыстаць формулу для разліку каэфіцыента карыснага дзеяння (ККДз)

$$\eta = \frac{P_{\text{карысн}}}{P_{\text{поўн}}}; \quad \eta = \frac{A_{\text{карысн}}}{A_{\text{поўн}}}.$$

Поўная механічная энергія фізічнай сістэмы ўяўляе сабой суму кінетычных энергій усіх цел сістэмы і патэнцыяльнай энергіі іх парнага ўзаемадзеяння, г.зн. $E = E_k + E_n$.

Поўная механічная энергія фізічнай сістэмы пры наяўнасці толькі кансерватыўных сіл захоўваецца, г.зн. $E = \text{const}$.

Калі замкнёная фізічная сістэма, што знаходзіцца ў інерцыяльнай сістэме адліку, складаецца з двух цел, якія ўзаемадзейнічаюць паміж сабой, прычым ІСА звязана з першым (другім) целам, то работа ўнутраных сіл ўзаемадзеяння роўна змяненню патэнцыяльнай энергіі другога (першага) цела, узятай з адмоўным знакам, г.зн. $A = -\Delta E_n$.

Работа раўнадзейнай усіх знешніх сіл, што дзейнічаюць на не-замкнёную фізічную сістэму, у склад якой уваходзяць целы (матэрыяльныя пункты), патэнцыяльная энергія ўзаемадзеяння якіх роўна нулю, роўна змяненню кінетычнай энергіі гэтай сістэмы, г.зн. $A = \Delta E_k$.

Змяненне поўнай механічнай энергіі фізічнай сістэмы роўна рабоце ўнутраных A_1 і знешніх A_2 некансерватыўных сіл, г.зн. $\Delta E_k = A_1 + A_2$.

Рашэнне задач на вызначэнне работы і магутнасці можа ажыццяўляцца або кінематыка-дынамічным, або энергетычным метадам.

Пры рашэнні задачы кінематыка-дынамічным метадам работа вызначаецца з формулы $\Delta A = F\Delta l \cos \alpha$ (магутнасць — з формулы $P = F_d v$), прычым сіла, якая выконвае работу, знаходзіцца з другога закону Ньютана, а перамяшчэнне (скорасць) — з законаў кінематыкі.

Калі выкарыстоўваецца энергетычны метад, то работа вызначаецца праз змяненне энергіі разглядаемай фізічнай сістэмы пры яе пераходзе з пачатковага стану ў канечны.

У шэрагу задач неабходна адначасова выкарыстоўваць тэарэму аб змяненні энергіі і тэарэму аб змяненні імпульсу фізічнай сістэмы:

$$\Delta E = A, \quad \Delta \vec{P} = \Delta t \sum_{i=1}^n \vec{F}_i.$$

Рашэнне задач на вызначэнне работы (магутнасці) кінематыка-дынамічным метадам ажыццяўляецца ў адпаведнасці з наступным квазіалгарытмам.

1. Прааналізуйце сітуацыю, анісаную ў задачы, і вылучыце яўна і няяўна зададзеныя матэрыяльныя аб'екты.

2. Выберыце сістэму адліку і ацаніце магчымасць яе мадэліравання пры дапамозе інерцыяльнай сістэмы адліку.

3. Выберыце фізічную сістэму і высветліце магчымасць прымянення законаў кінематыкі і дынамікі для яе апісання.

4. Высветліце, з якімі матэрыяльнымі аб'ектамі ўзаемадзейнічае фізічная сістэма, і замяніце гэтыя ўзаемадзеянні сіламі.

5. Высветліце, работу якой сілы (якую магутнасць — сярэдняю ці імгненную) неабходна вызначыць.

6. Зрабіце схематычны рысунак, пакажыце на ім сілы, якія дзейнічаюць на фізічную сістэму (цела), усе кінематычныя характарыстыкі руху і вызначце вугал паміж сілай, што выконвае работу, і перамяшчэннем.

7. Вызначце сілу, якая выконвае работу (сілу цягі), з законаў дынамікі (у адпаведнасці з квазіалгарытмам рашэння задач па дынаміцы).

8. Вызначце модуль перамяшчэння (сярэдняю або імгненную скорасць) з законаў кінематыкі (у адпаведнасці з квазіалгарытмам рашэння задач па кінематыцы).

9. Вызначце шукаемую работу (магутнасць).

10. Праверце правільнасць рашэння ў агульным выглядзе.

11. Выканайце лікавыя разлікі.

12. Прааналізуйце вынікі.

Энергетычны метадад неабходна выкарыстоўваць, калі ў задачы зададзены два станы руху фізічнай сістэмы або два яе становішчы ў прасторы пры роўнапаскораным або нераўнамерным руху. Рашэнне задач энергетычным метадам ажыццяўляецца ў адпаведнасці з наступным квазіалгарытмам.

1. Прааналізуйце задачу, вылучыце яе матэрыяльныя аб'екты і замяніце іх ідэальнымі мадэлямі.

2. Выберыце сістэму адліку і замяніце яе ідэальнай мадэллю (ІСА).

3. Выберыце фізічную сістэму, вызначце колькасць яе станаў, наяўнасць і характар унутраных і знешніх сіл, што дзейнічаюць на цэлы сістэмы.

4. Пакажыце на схематычным рысунку кінематычныя характарыстыкі пачатковага і канечнага станаў цэла фізічнай сістэмы.

5. Выберыце нулявы ўзровень патэнцыяльнай энергіі і запішыце выразы для механічнай энергіі сістэмы ў пачатковым і канечным станах.

6. Калі выкананы ўмовы прымяняльнасці закону захавання імпульсу, устанавіце сувязь паміж пачатковымі і канечнымі скарасцямі цэла сістэмы ў адпаведнасці з квазіалгарытмам рашэння задач на закон захавання імпульсу.

7. Калі фізічная сістэма замкнёная, вызначце шукаемую велічыню з закону захавання механічнай энергіі.

8. Калі фізічная сістэма незамкнёная, вызначце работу пры яе пераходзе з пачатковага стану ў канечны ў адпаведнасці з квазіалгарытмам рашэння задач на разлік работы і магутнасці кінематыка-дынамічным метадам. Шуканая велічыня ў гэтым выпадку знаходзіцца з тэарэмы аб змяненні энергіі $A = \Delta E$.

9. Праверце правільнасць рашэння ў агульным выглядзе.

10. Выканайце разлікі.

11. Прааналізуйце вынікі.

Пры ўзнікненні цяжкасцей у працэсе аналізу фізічнай сітуацыі і вынікаў рашэння звяртайцеся да аўрыстычных арыенцэраў.

Аўрыстычныя арыенцэры
(аналіз фізічнай сітуацыі і вынікаў рашэння)

I. Пакажыце сілы, што дзейнічаюць на целы фізічнай сістэмы:

1. Што разумеюць пад сілай?
2. Якія целы ўзаемадзейнічаюць паміж сабой у дадзенай задачы?
3. Якія сілы прыкладзены да разглядаемых цел?

II. Высветліце магчымасць прымянення формул:

$$\Delta A = F \Delta l \cos \alpha \quad (1) \quad \text{або} \quad A = \Delta E \quad (2):$$

1. Пры якіх умовах можна карыстацца формулай (1)?
2. Ці з'яўляецца рух цела прамалінейным?
3. Ці залежыць вугал паміж сілай і перамяшчэннем ад часу?
4. Ці пастаянная сіла, якая выконвае работу па модулю?
5. Ці можна вызначыць сілу, модуль перамяшчэння, пачатковую і канечную энергію цела?
6. Па якой формуле неабходна вызначыць работу?

III. Устаноўце ізаляванасць фізічнай сістэмы:

1. Якая фізічная сістэма (сістэма цел) называецца замкнёнай; ізаляванай?
2. Ці дзейнічаюць на фізічную сістэму, вылучаную ў задачы, знешнія сілы, ці скампенсаваныя яны?
3. Ці з'яўляецца вылучаная сістэма цел замкнёнай; ізаляванай?

IV. Вызначце, якія з унутраных і знешніх сіл з'яўляюцца кансерватыўнымі, а якія некансерватыўнымі:

1. Якія сілы называюцца кансерватыўнымі?
2. Ці залежыць работа сіл, прыкладзеных да цел сістэмы, ад формы траекторыі?
3. Ці дзейнічаюць у сістэме сілы трэння?
4. Ці з'яўляюцца сілы, прыкладзеныя да цел сістэмы, кансерватыўнымі?

V. Устаноўце значэнне патэнцыяльнай энергіі фізічнай сістэмы:

1. Якая энергія называецца патэнцыяльнай?