

Н.Ф. Юрым, к.т.н., доцент, А.В. Сибирный, к.б.н., доцент, И.И. Мьякуш, к.с.-х.н., доцент, Е.В. Степовая

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО И ХИМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ГОРЕНИЯ ФОСФОРА И ЕГО СОЕДИНЕНИЙ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ

В статье приведены теоретические и экспериментальные исследования особенностей термического и химического влияния горения фосфора и его соединений на твёрдые поверхности и на кожу живых организмов. Исследованы эффективные растворы и пасты для предотвращения самовоспламенения фосфора.

Ключевые слова: жёлтый фосфор, самовозгорание, предупреждение самовозгорания, средства гашения.

M.F. Yurym, Candidate of Science (Engineering), Docent, A.V. Sybirnyi, Candidate of Science (Biology), Docent, I.I. M'yakush, Candidate of Science (Agriculture), Docent, K.V. Stepova

PECULIARITIES OF THERMAL AND CHEMICAL INFLUENCE OF PHOSPHORUS COMBUSTION AND ITS COMPOUNDS ON LIVING ORGANISMS

The article deals with the theoretical and experimental investigations of the peculiarities thermal and chemical influence of phosphorus combustion and its compounds on solid surfaces and living organisms. Effective solutions and pastes for prevention of phosphorus self-ignition are investigated.

Keywords: yellow phosphorous, self-ignition, prevention of self-ignition, extinguishing substances

УДК 539.3

І.М. Ольховий, к.т.н., доцент, Б.С. Воробець, к.ф.-м.н., доцент, Г.Й. Боднар, к.т.н., доцент, В.А. Лац (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ РЯТУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ «ТРИНІГ»

Наведено результати дослідження міцності основних несучих елементів і вузлів рятувального пристрою «Триніг». Обґрунтовано вибір допустимого навантаження на пристрій та подано рекомендації щодо покращення його експлуатаційних параметрів

Ключові слова: міцність, стійкість, напруження, допустиме навантаження, зусилля

Вступ. У Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності МНС України розроблена конструкція рятувального пристрою «Триніг», за допомогою якого можна витягувати людей із колодязів або тріщин, що утворились при техногенних катастрофах чи зсувах ґрунту. Пристрій може працювати як в ручному режимі, так і від напруги 12 V. Передбачувана вантажопідйомність 5,0 кН, бажана – до 8,0 кН.

Мета роботи. Перевірити міцність основних елементів конструкцій і вузлів пристрою при передбачуваному і бажаному навантаженні, встановити величину допустимого навантаження та представити висновки і рекомендації щодо покращення конструкції елементів і вузлів пристрою.

Хід дослідження. Розрахункова схема пристрою «Триніг» показана на рис 1, де позначено: 1, 2, 3 – ноги пристрою; 4, 5 – лебідка і канат; 6 – вузол кріплення верхніх кінців ніг разом з підвісним блоком.

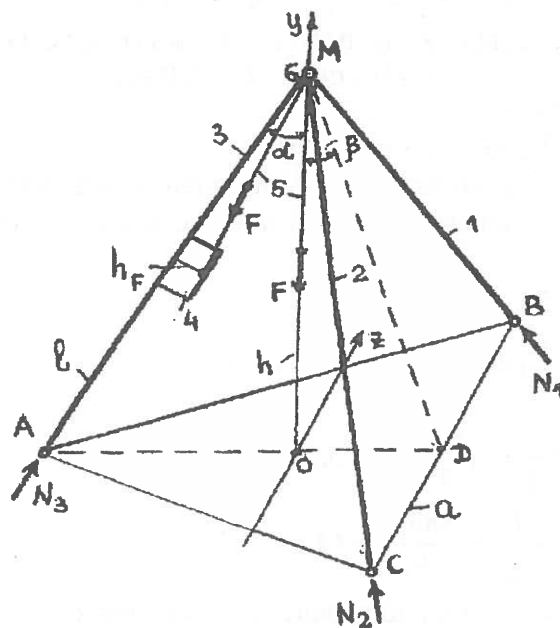


Рис. 1. Розрахункова схема пристрою «Триніг»:
1,2,3 – ноги пристрою; 4 – лебідка; 5 – канат; 6 – верхній вузол кріплення ніг

Прийняті допущення і геометричні розміри. Сталеві ноги пристрою мають переріз у вигляді квадратного короба розміром 40 x 40 мм і товщиною стінки $\delta = 5$ мм. Посередині ноги 3 за допомогою спеціального пристрою кріпиться лебідка 4. Кріпильний вузол 6 при розрахунках на міцність замінимо шарніром М. Нижні кінці ніг при розрахунку вважатимемо шарнірно опертими на горизонтальну площину.

Розрахункова схема характеризується такими параметрами: довжина ніг пристрою $l = MA = MB = MC = 2,9$ м;

відстань між ногами пристрою на нижньому краї $a = AB = BC = AC = 2,2$ м;

висота пристрою $h = OM = \sqrt{CM^2 - OC^2} = \sqrt{2,9^2 - 1,27^2} = 2,61$ м,

де $OC = 1,27$ м - радіус кола, описаного навколо трикутника ABC;

кути α, β , що характеризують розхил ніг, визначаються із співвідношень

$$\cos \alpha = \frac{h}{l} = 0,9, \quad \cos \beta = \frac{h}{MD} = 0,97.$$

На ноги пристрою при підніманні вантажу діє вертикальна сила F та рівна їй за величиною сила, яка спрямована по канату до лебідки. Будемо вважати що дана сила нахилена до вертикальної осі y під кутом α (рис.1). При дії цих сил в ногах 1, 2 пристрою виникають стискальні зусилля $N_1 = N_2$, а в нозі 3 – стискальне зусилля N_3 . Для визначення цих зусиль можна використати рівняння рівноваги

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_z = 0 \quad (1)$$

В розкритому виді ці рівняння мають вигляд

$$2N_1 \cos \alpha + N_3 \cos \alpha = F + F \cos \alpha \quad (2)$$

$$2N_1 \cdot OD \cdot \cos \beta + N_3 \cdot OA \cdot \cos \alpha = -F(OA - h_F) \cos \alpha$$

де $h_F = 0,16$ м - відстань від центра перерізу ноги 3 до лінії дії сили F (рис.1).

Після підстановки в систему (2) геометричних розмірів вона набирає вигляду

$$1,8N_1 + 0,9N_3 = 1,9F$$

$$124,16N_1 - 114,13N_3 = -99,9F \quad (3)$$

Розв'язок цієї системи : $N_1 = N_2 = 0,4F$, $N_3 = 1,31F$.

Числові значення стискальних зусиль в стержнях визначимо для двох варіантів навантаження пристрою – при $F = 5,0$ кН і при $F = 8,0$ кН:

при $F = 5,0$ кН : $N_1 = N_2 = 2,0$ кН, , $N_3 = 1,31F$.

при $F = 8,0$ кН : $N_1 = N_2 = 3,2$ кН, , $N_3 = 10,48$ кН.

Перевірка на міцність і стійкість. При визначених значеннях стискальних зусиль в ногах пристрою проведемо їх перевірку на міцність і стійкість. Геометричні характеристики перерізу ніг:

площа перерізу $A = 40 \cdot 40 - 35 \cdot 35 = 375$ мм²;

осьовий момент інерції $I = \frac{1}{12}(40^4 - 35^4) = 883,3$ мм⁴;

радіус інерції перерізу $i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{883,3}{375}} = 15,35$ мм;

момент опору перерізу $W = \frac{I}{y_{\max}} = \frac{883,3}{20} = 44,16$ мм³.

Стискальні напруження в найбільш навантаженому стержні 3:

$$\sigma_3 = \frac{6500H}{375\text{мм}^2} = 17,3 \text{ Н / мм}^2 = 17,3 \text{ МПа (при } F = 5,0 \text{ кН)},$$

$$\sigma_3 = \frac{10480}{375} = 28,0 \text{ МПа (при } F = 8,0 \text{ кН)}.$$

Ці напруження значно менші від допустимого для сталі значення $[\sigma] = 160$ МПа. Тобто, міцність ніг пристрою, врахувавши навіть поправку на динамічність прикладання навантаження, забезпечена.

Для перевірки стиснутих ніг пристрою на стійкість визначимо їх гнучкість, вважаючи що краї ніг шарнірно оперті (коефіцієнт приведеної довжини $\mu = 1$)

$$\lambda = \frac{\mu l}{i} = \frac{1 \cdot 2900}{15,35} = 189 > \lambda_{cp} = 100.$$

Критична сила для ніг 1 і 2 пристрою обчислюється за формулою Ейлера

$$N_1^{kp} = N_2^{kp} = \frac{\pi^2 EA}{\lambda^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 375}{189^2} = 20,88 \text{ кН}.$$

Значення цих сил значно більші від дійсних стискальних сил, що виникають в ногах пристрою при його навантаженні розрахунковим навантаженням. Тобто небезпеки втрати стійкості ніг 1 і 2 пристрою не існує.

Нога 3 пристрою знаходиться в умовах поздовжньо-поперечного згину. На неї одночасно діє стискальна сила N_3 і момент $M = F \cdot h_F$ (рис 2), що утворюється силою натягу каната F на плечі $h_F = 160$ мм (відстані від каната до центра перерізу ноги).

Методика розрахунку такого стержня на міцність наведена в [1]. Вона зводиться до перевірки напружень згину від згинального моменту, що визначається за формулою

$$M_{\max} = M \frac{\cos kl_1}{\sin kl}, \quad (4)$$

де $k = \sqrt{\frac{N_3}{EI}}$, $l_1 = 1,4$ м, $l = 2,9$ м.

Результати обчислень при двох випадках навантаження:

а) при $F = 5,0$ кН - $N_3 = 6,55$ кН, $k = 6,09 \cdot 10^{-4}$, $M = 8$ Нм, $M_{\max} = 37,508$ Нм.

$$\sigma_{\max}^{cm} = \frac{M_{\max}}{W} = 84,93 \text{ МПа} < [\sigma] = 160 \text{ МПа};$$

а) при $F = 8,0 \text{ кН}$ - $N_3 = 10,48 \text{ кН}$, $k = 7,702 \cdot 10^{-4}$, $M = 12,8 \text{ Нм}$, $M_{\max} = 57,74 \text{ Нм}$.

$$\sigma_{\max}^{cm} = \frac{M_{\max}}{W} = 130,8 < [\sigma] = 160 \text{ МПа}.$$

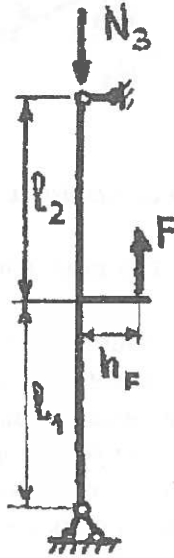


Рис.2. Навантаження ноги 3 пристрою

Як видно з результатів обчислення статичних напружень, що виникають в нозі 3, при навантаженнях на пристрій $F > 5,0 \text{ кН}$ в небезпечному поперечному перерізі виникають статичні напруження, що є близькими до допустимих для сталі значень допустимих напружень. Оскільки при підніманні вантажу стержні працюють при динамічних навантаженнях, при яких виникають динамічні напруження, що зв'язані із статичними співвідношенням

$$\sigma^{дин} = k_{дин} \cdot \sigma^{cm},$$

де динамічний коефіцієнт може досягати значень $k_{дин} \geq 2$, то динамічні напруження при навантаженнях $F > 5,0 \text{ кН}$, будуть перевищувати допустимі значення. Отже, для нормальної роботи ніг пристрою не доцільно його навантажувати силою $F > 5,0 \text{ кН}$.

При встановленні пристрою на горизонтальну площину на нижніх кінцях ніг виникають направлені від центра горизонтальні сили, що можуть бути причиною розповзання ніг пристрою і порушувати нормальну роботу конструкції. Щоб уникнути цього явища нижні краї ніг доцільно з'єднати між собою гнучкими елементами (ланцюгами, канатами) АВ, ВС, АС. Зусилля в цих елементах, що виникатимуть при нехтуванні силами зчеплення кінця ніг з основою, визначаються з рівняння рівноваги, що отримується із розгляду системи сил (рис.3), які діють на нижній край ноги пристрою:

$$\sum F_x = 0; \quad 2R_{\max} \cdot \cos 30^\circ - N_3 \sin \alpha = 0 \quad (6)$$

Звідки

$$R_{\max} = \frac{N_3 \sin \alpha}{\sqrt{3}} = 0,252 N_3.$$

При навантаженні пристрою силою $F = 5,0 \text{ кН}$ і зусиллі в найбільш навантаженій нозі 3 $N_3 = 6,55 \text{ кН}$ дістаємо $R_{\max} = 1,65 \text{ кН}$.

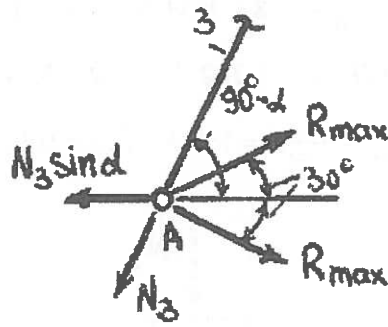


Рис.3. Визначення горизонтальних сил розпору

Як видно з розрахунку, зусилля в гнучких елементах є невеликими і використання таких елементів є оправданим.

Одним з основних і відповідальних конструктивних вузлів пристрою є вузол кріплення лебідки 4 до ноги 3 пристрою. Це кріплення складається (рис. 4а) з сталеві пластина 7 і чотирьох смуг 8, за допомогою яких пластина приварена до ноги 3 пристрою. З пластиною з'єднані три болти 9, на головки яких насаджується лебідка і болт 10, який фіксує лебідку на позі пристрою. Форма і розміри болтів 9 показані на рис. 4в. Міцність вказаного вузла залежить від багатьох факторів, основними з яких є міцність зварних швів, міцність болтів та їх кріплення до пластини 7. З вказаних факторів в роботі виконана перевірка міцності болтових з'єднань. Схема навантаження несучих болтів з'єднання показана на рис 4б. Одною з можливих причин руйнування болтів може бути або розрив болтів або різ з головок болтів.

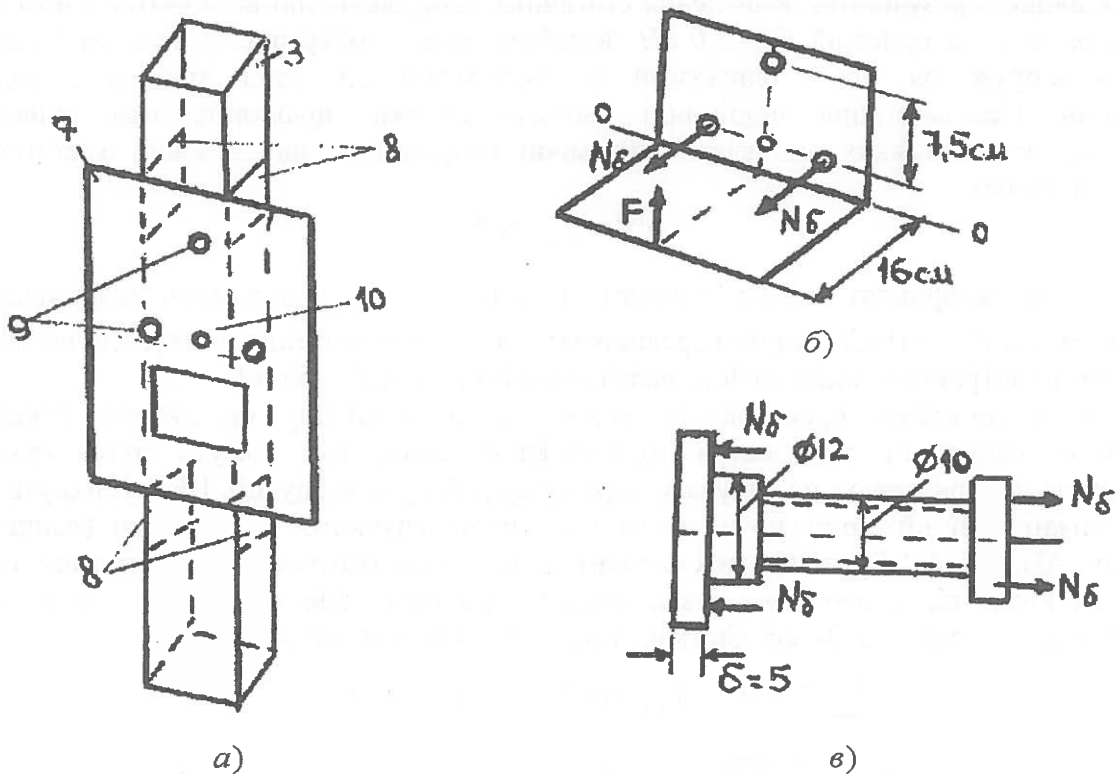


Рис.4. Вузол кріплення лебідки:

а) схема кріплення; б) схема зусиль в болтах; в) схема навантаження болта;

Нормальні розтягуючі зусилля, що виникають в болтах при навантаженні пристрою силою F визначаються з рівняння рівноваги (рис. 4б)

$$\sum M_0 = 0; \quad 2N_6 \cdot 75 - F \cdot 160 = 0.$$

Звідки

$$N = \frac{160F}{150} = 1,067F.$$

Максимальне статичне напруження розтягу в болті від цього зусилля

$$\sigma_p^c = \frac{N_6}{A_{\min}} = \frac{4N_6}{\pi d_{\min}^2} = \frac{4 \cdot 5340}{3,14 \cdot 10^2} = 68,7 \text{ МПа (при } F = 5,0 \text{ кН)},$$

$$\sigma_p^c = 108,7 \text{ МПа (при } F = 8,0 \text{ кН)}.$$

Якщо взяти до уваги, що при роботі пристрою можуть виникати динамічні напруження з динамічним коефіцієнтом $k_d \approx 2$, то при навантаженні пристрою силою $F = 8,0$ кН максимальні динамічні напруження розтягу в болтах будуть рівними

$$\max \sigma_d \approx 2 \cdot 108,7 = 217,4 \text{ МПа} > [\sigma],$$

тобто міцність болтів на розтяг не буде забезпечена.

Статичні напруження зрізу несучих головок болтів, схема навантаження яких показана на рис. 4в, рівні

$$\tau_{zp}^c = 45,3 \text{ МПа (при } F = 8,0 \text{ кН)}.$$

Допустиме напруження матеріалу болтів на зріз приймемо

$$[\tau] = 0,5[\sigma] = 0,5 \cdot 160 = 80 \text{ МПа}.$$

Якщо врахувати можливе явище динаміки з динамічним коефіцієнтом $k_d \approx 2$, то при навантаженні пристрою силою $F = 8,0$ кН

$$\tau_{zp}^d = 2 \cdot 45,3 = 90,6 \text{ МПа} > [\tau],$$

тобто умова міцності не виконується.

Висновки і рекомендації.

1. Конструкція пристрою «Триніг» з заданими розмірами може використовуватись при навантаженнях до $5,0$ кН у випадку встановлення його на горизонтальну основу. У випадку негоризонтальної основи навантаження може змінюватись залежно від кута нахилу осі пристрою до вертикалі.

2. Для підвищення вантажності піднімального вузла доцільним є зменшення відстані від центра канату до центра перерізу ноги 3; цього можна добитись, змінивши напрям намотування канату на барабан лебідки.

3. Аналіз конструкції вузла кріплення лебідки з ногою 3 пристрою показує, що елементи вузла працюють при складних напружених станах. Точніший розрахунок цього вузла потребує детальнішого аналізу з використанням уточнених схем. На наш погляд конструкцію даного вузла слід вдосконалювати.

4. Для вирівнювання зусиль в ногах пристрою можна рекомендувати збільшення зовнішніх розмірів поперечного перерізу ноги 3.

5. Для забезпечення роботи в умовах негоризонтальної площини опирання доцільно передбачити в конструкції можливість змін довжини ніг пристрою.

6. Для надійної роботи пристрою слід передбачити в його конструкції розтяжок з гнучких елементів (канат, ланцюг), що протидіяли б розповзанню при роботі пристрою нижніх кінців ніг.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Феодосьев В.И. Соппротивление материалов / В.И. Феодосьев.- М.: Наука, 1979.- 560 с.

И.М. Ольховый, к.т.н., доцент, Б.С. Воробец, к.ф.-м.н., доцент, Г.Й. Боднар, к.т.н., доцент, В.А. Лащ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СПАСАТЕЛЬНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ «ТРИНОГ»

Приведены результаты исследования прочности основных несущих элементов и узлов спасательного приспособления «Триног». Обусловлен выбор допустимой нагрузки на приспособление и даны рекомендации по улучшению его параметров

Ключевые слова: прочность, устойчивость, напряжение, предельная нагрузка, усилие

I.M. Olkhovyi, Candidate of Science (Engineering), Docent, B.S. Vorobets, Candidate of Science (Phys.-Math.), Docent, G.J. Bodnar, Candidate of Science (Engineering), Docent, V.A. Lashch

A RESEARCH OF POWER CAPACITY OF 'TRYNIG' COMPONENTS

The article deals with the results of power capacity research of basic bearing component and joints of 'Trynig' life-saving appliance. The choice of a working stress on a component and recommendations for their performance parameters' improvement of its parameters are given.

Key words: power capacity, resistance, intensity of stress, working stree, efforts

УДК 552.11

Ю.П. Стародуб^{1,2)} д.фіз.-мат.н., проф., О.В. Кендзера²⁾ к.фіз.-мат.н., ст.н.с., Т.Б. Брич^{1,2)} к.т.н., Б.Є. Купльовський²⁾ к.фіз.-мат.н. (¹⁾ Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів; ²⁾ Інститут геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України, м. Київ)

ДОСЛІДЖЕННЯ СЕЙСМІЧНОГО СТАНУ ІНЖЕНЕРНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ТЕРМІЧНИХ ЕФЕКТІВ НА ПРИКЛАДІ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Представлено підхід моделювання хвильового поля в сейсмо-геологічному розрізі з врахуванням температурного впливу на коливання в області досліджуваного об'єкта методом скінчених елементів. Проведено математичне моделювання сейсмічного хвильового поля в перетині земної кори в околі будівельної структури з метою вивчення впливу коливань та їх спектральних характеристик на інженерну споруду. За приклад взятий модельний перетин земної кори під Чорнобильською атомною електростанцією.

Ключові слова: математичне моделювання, сейсмічне хвильове поле, атомна електростанція.

Міцність інженерних споруд значною мірою залежить від їх основи – осадової товщі земної кори, на якій розташовано забудову. Сейсмічні хвильові поля виникають і при необхідності реєструються в заданому спектральному діапазоні навколо інженерних об'єктів. Вплив неоднорідностей та розломів земної кори на результуюче поле може збільшувати його амплітудне значення в десятки разів, що може спричинити при неправильному уявленні про будову земної товщі непередбачені катастрофічні результати, особливо з впливом температурних ефектів. Аварії пов'язані із сейсмічністю, що відбуваються не тільки в сейсмо-небезпечних регіонах, зокрема, при наявності карстів, чи порожнин, які можуть заповнюватись підземними водами, вказують на практичну необхідність вивчення при цьому сейсмічних полів і їх впливів на інженерні споруди. Важливим методом таких досліджень є математичне