чизчичи и ч чничение и ч чичичение ичичение ичичение</li

thtuv

ÉPEBAH

Журнал издается с 1947 г. Выходит 6 раз в год на русском языке

ыпешэрциць читотов

հասյան Ա. Վ. (պատ. խմբագրթ), Ադոնց Հ. Տ. խմբա, տեշակալ), Ալերսենսկի Վ. Անանյան Ձ. Կ. Լ. Զաղոյան Մ. Ա., Հակոբյան Ռ. հ., Սարգսյան Յու. Հ., Ստակյան Մ. Գ., Տեր-Աղարև Ի. Ա., Փինաջյան Վ. (պատ. խմբագրի ասխահատու բարտուղար Սաև

РЕЛАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Касьян М. В. 1 тлет. редактор), Алана Г. Т. (зам. твет. редактора), Алексеевский В. В., Ананзи А. К., Акопин Р. Е., Задони М. А., Пиниджин В. В. (зам. ответ. редактора), Саркисин К. Т., Сликян М. Т., Тер-Азирьев И. А.

Ответственный секретарь Степанян З. К.

Издательство АН АрмССР. Известия АН АрмССР (серия техн. наук), 1982.

203400400 002 9- АКАДЕМИН НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Зъръбраций сроковр. авграя XXXV. № 4, 1982 Серия заянчиских наук

машиностроение

С. С. АРУТЮНЯН, К. Г. СТЕПАНЯН, Ф. С. ЗАЗЯН

СИНТЕЗ ЗУБЧАТО-РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА С РЕГУЛИРУЕМЫМ УГЛОМ ВЫСТОЯ

Настоящий уровень автоматизации технологических пронессон требует от проектировщиков создания таких многофункциональных механизмов, которые путем изменения некоторых его геометрических размеров способны перенастраиваться на разные режимы движения в завнеимости от случайных или закономерных изменений условий технологических процессов.

Несмотря на столь большую важность указанных механизмов, необходимо отметить, что подобные механизмы недостаточно применяют ся в производстве ввиду отсутствия эффективных методов их проектирования. По пути устранения пробела, в последние годы были предложены некоторые принципы образования регулируемых механизмов, которые лежат в основе создания миюгофункциональных механизмов

Значительная часть этих принципов относится к созданию зубчато-рычажных механизмов с регулируемой длительностью приближенного выстоя выходного звена. Можно указать несколько работ [1, 4 относящихся к решению указанных проблем. Для достижения поставленной цели, указанными авторами были применены многозвенные зубч. п. рычажные механизмы и разработаны сложные для использования в практике методы их проектирования.

Новый метод синтеза рычажных механизмов с регулируемой длительностью приближенного выстоя предложен в [3]. Развивая идея этого метода, анторами настоящей статьи предложен простой метод спитеза зубчато-рычажных механизмов с регулируемым углом выстоя.

1. Синтез зубчато-рычажного механизма с выстоем. Сначала представим существенно новый метод формирования зубчато-рычажного механизма с выстоем, который в дальнейшем будет использован при синтезс регулируемого механизма. Пусть задана кинематическая схема механизма (рис. 1), где в качестве аходного выбрано звено 1, а выходного — 4. Необходимо спроектировать механизм так, чтобы при непрерывном вращении яходного звена 1 выходное звено 4 совершало врерывното движение. Установим связь между угловыми скоростями звеньев 1 и 4. Согласно формуле Виллиса, при условно подвижном колесе 5 имеем



$$u_{45}^{(1)} = \frac{w_4 - w_1}{w_5 - w_1}, \quad (1)$$

где ω_1 , ω_4 , ω_5 соотнетственно, угловые скорости звеньев 1, 4 и 5, а $u_{.5}^{(1)}$ передаточное отношение кипематической цепи 4 3-2-5 в ее движении относительно звена 1.

Учитывая, что для рассматриваемого механизма т₅ = 0. (1) преобразуется к виду

$$u_{45} = \frac{-\omega_1}{-\omega_1} + \frac{\omega_2}{-\omega_1} + \frac{\omega_3}{-\omega_1} + \frac{\omega_3}{-\omega$$

откуда находим искомую связь в виде соотношения

$$u_{41}^{(5)} = \frac{\omega_4}{\omega_1} = 1 - u_{45}^{(1)} = 1 - u_{42}^{(1)} \cdot u_{25}^{(1)},$$
(2)

где $u_{42}^{(1)}$ передаточное отношение рычажной цепи 4—3—2, а $u_{21}^{(1)}$ передаточное отношение зубчатой передачи 2—5 зубчато-рычажного механизма в их движении относительно звена 1.

Анализ выражения (2) позволяет выянить условия, при которых звено 4 совершает движение с выстоями. Действительно, при осущестилении длительного выстоя на некотором интервале [0, φ_{in}] вращения звена 1 $\omega_4 = 0$, что согласно (2) приводит к выполнению на указанном интервале условия

 $1 = u_{12}^{(1)} \cdot u_{25}^{(1)} = 0,$

откуда получаем

$$u_{42}^{(1)} = u_{52}^{(1)} = \text{const.}$$
 (3)

Для получения движения звена 4 с выстоями необходимо, чтобы передаточное отношение $u_{12}^{(1)}$ рычажной цепи 4—3—2 в некотором интервале [$\varphi_{40}^{(1)}$, ...], длина которого равна длине интервала [0, было постоянно и тождественно равнялось передаточному отношению $u_{25}^{(3)}$ зубчатой передачи 5–2.

Для проектирования шарнирного четырехзненника 4-3-2, удовлетворяющего условию (3), можно использовать любые методы приближенного синтеза рычажных механизмов.

Следует огметить, что вне указанного отрезка [0, 918] нарушается условие (3), вследствие чего звено 4 получает определенное перемещение. Кроме того, за один оборот звена 1 указанный закон с выстоем повторяется и⁽¹⁾ раз. Это необходимо отнести к числу преимуществ зубчато-рычажных механизмов по сравнению с рычажным, ибо у последних подобные свойства отсутствуют.

2. Синтез зубчато-рычажного механизма с регулируемым углом выстоя. Обобщая рассуждения, приведенные в п. 1, приходим к выводу о том, что в качестве рычажной части зубчато-рычажного механизма можно взять произвольный механизм, преобразующий движение сателлита 2 в движение выходного звена AB (рис. 1). Аналогично доказывается, что и в этом случае выходное звено AB будет двигаться с выстоями, если передаточное отношение рычажного механизма относителько входного звена 1 в некотором интервале $\{0, \varphi_{\mu}\}$ постоянно и равно передаточному отношению

равно передаточному отношению зубчатой передачи относительно того же звена l.

Номимо этого можно доказать, что угол выстоя зубчато-рычажного чеханизма равен длине φ_{\pm} интервала [0, φ_{1n}]. Это наводит на мысль, что если в рычажном механизме представляется возможным регулировать длину интервала [0, φ_{1n}], то в полученном с его помощью зубчато-рычажном механизме угол выстоя будет регулируемым, а задача синтеза зубчаторычажного механизма приведена к синтезу такого регулируемого механизма с вышеуказанным свой-



ством, для которого регулируется промежуток интервала [0, ...].

Приведем конкретный пример. Рассмотрим зубчато-рычажный механнэм, представленный на рис 2. Из вышеналоженных рассуждений следует, что выходное звено 6 бутет лвигаться с выстоями с регулируемым углом выстоя $\varphi_{in} = var$, если в интервале $[0, \varphi_{in}]$ переменной длины приближенно выполняется условие

$$u_{61}^{(1)} = u_{64}^{(1)} \cdot u_{41}^{(1)} = u_{72}^{(1)} = \text{const.}$$
(4)

гле и_б — передаточное отношение регулируемого шестизвенного механизма 6 5—4—3—2, а — передаточное отношение зубчатой передачи 7—2 в движении, относительно аходного звена 1.

Задача сводится к синтезу регулируемого шестизиенника 6-5-4-3-2, для которого в некотором интервале $\varphi_{6n}^{(1)}$ переменной длины $\varphi_{6n}^{(1)} = \varphi_{1n}$ приближенно выполняется условие (4) ($z_6^{(1)} = -y_{1n}$ приближенно выполняется условие (4) ($z_6^{(1)} = -y_{1n}$ относительного поворота выходного звена 6 к выходному звену 1).

Указанный регулируемый моханизм можно синтезировать следующим образом. По известным методам приближенного синтеза механизмов спроектируем два передаточных механизма 6-5-4' и 4-3-2 (рис. 2) с постоянными передаточными отношениями при и $u_{42}^{(1)}$, для которых выполняется условие (4) при заданном $u_{72}^{(1)}$. Путем последовательного присоединения этих четырехзвенников получаем шестизвенный механизм 6-5-4-3-2.

Если в полученном механизме в качестие регулирующего параметра брать угол а жесткого закрепления 4' и 4, его изменение в некотором интервале [а₁, а₄] приведет к изменению длины интервала [-, φ₆, φ₆, с соблюдением условия (4) [2].

При этих предположениях возможны два случая:

$$\Psi_{1,i} = \begin{cases}
\left(\Psi_{1'm}^{(1)} - \Psi_{10}^{(1)} + a\right) u_{0n}^{(1)}, & \text{если } a \in [x_{1i}, a_{2}]; \\
\left(\Psi_{1'm}^{(1)} - \Psi_{1'0}^{(1)}\right) u_{01}^{(1)}, & \text{если } a \in [a_{2}, a_{3}]; \\
\left(\Psi_{1m}^{(1)} - \Psi_{1'0}^{(1)} - a\right) u_{61}^{(1)}, & \text{если } a \in [a_{3}, a_{4}],
\end{cases}$$
(5)

ғде

 $\alpha_1 = \phi_{40}^{(1)} - \phi_{4'm}^{(1)}; \quad \alpha_2 = \phi_{40}^{(1)} - \phi_{4'0}^{(1)}; \quad \nu_3 = \phi_{4m}^{(1)} - \phi_{4'm}^{(1)}; \quad \alpha_4 = \phi_{4m}^{(1)} - \phi_{4'0}^{(1)};$

6) $\varphi_{4m}^{(1)} = \varphi_{40}^{(1)} \ll \varphi_{4m}^{(1)} = \varphi_{40}^{(1)}$. В дянном случае угол а следует отсчитывать от звена 4 в положительном направлении, причем, между углами φ_{18} и а существует связь:

$$\begin{cases} (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)} + \alpha) \, \mu_{61}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_1, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{61}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_2, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_2, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_2, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_2, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_3, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_4, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_4, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_4, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_4, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_4, \\ (\varphi_{4,\alpha}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) \, \mu_{64}^{(1)}, & \text{если } \alpha \in [\alpha_4, \\ (\varphi_{4,\alpha}$$

где

 $s_1 = \varphi_{10}^{(1)} - \varphi_{4n}^{(1)}; \quad s_3 = \varphi_{10}^{(1)} - \varphi_{01}^{(1)}; \quad s_2 = \varphi_{1'n}^{(1)} - \varphi_{4n}^{(1)}; \quad s_4 = \varphi_{1'n}^{(1)} - \varphi_{4n}^{(1)}.$

Как следует из (5) и (6), при изменении регулирующего параметра з в промежутках [a₁, a₂] и [a₃, a₄] угол выстоя регулируется в пределах от 0° до min $-\phi_{10}^{(1)}$ $u_{64}^{(1)}$, $(\phi_{4n}^{(1)} - \phi_{40}^{(1)})$ 1 іаличие двух интервалов регулирования $[\alpha_1, \alpha_2]$ и $[\alpha_3, \alpha_4]$ позволяет выбрать из них тот, для которого в шариирных четырехзвенниках 6-5-4' и 4-3-2 создаются более благоприятные условия для передачи сил

В процессе синтеза можно достичь того, чтобы min {($\varphi_{4'm}^{(1)} - \varphi_{4'b}^{(1)}$) $\mu_{64'}^{(1)}$, ($\varphi_{4m}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}$) $\mu_{64'}^{(1)}$] был равен заданной величине φ_{1a} . Для этого достаточно выбрать входные параметры $\varphi_{4'a}^{(1)} - \varphi_{4'a}^{(1)}$, $\varphi_{4m}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}$, $\mu_{64'}^{(1)}$, из условия

 $\min \{ (\varphi_{4m}^{(1)} - \varphi_{4m}^{(1)} | u_{64}^{(1)}, (\varphi_{4m}^{(1)} - \varphi_{40}^{(1)}) u_{64}^{(1)} \} = \varphi_{1n}.$

ЕрІІН им. К. Маркса

27.11.1982

II. U. ՀԱԲՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, 🐜 Գ. ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ, S. U. ՉԱՉՅԱՆ

ԿԱԲԳԱՎՈԲՎՈՂ ԿԱՆԳԱՌԻ ԱՆԿՑՈՒՆՈՎ ԱՏԱՄՆԱ–ԼԾԱԿԱՅԻՆ ՄԵԽԱՆԻՉՄԻ ՍԻՆԹԵՋ

Ամփովում

Հողվածում առաջարկվում է կարգավորվող կանգառի անկյունով ատամնա-լծակային մեխանիդմի նախագծման մի մենքոդ, որում կարդավորող պարամետրի տարբեր արժեջների դեպջում փոխվում է օղակի կանգառին համապատասխանող մուտքի օղակի պտտոման անկյան չափը։ Տույց է տրվում որ նչված մեխանիդմի նախադծումը բերվում է հաստատուն փոխանցման հարաբերությամբ կարգավորվող փոխանցիչ լծակային մեխանիդմների նախացծմանը.

ЛИТЕРАТУРА

- Гернет М. М. н др. Снитез зубчато-рычажного механизма с ресулируемой длятс. востью ириближенного пыстоя ведомого звеца — Машиноведение, 1971, № 3. с. 54-59.
- 2 № С. № 796574 (СССР). Пространственный рычажной механизм с периодич ской остановкой. К. М. Есциян, Ю. Л. Саркисян, А. В. Кочикян. Опубл в Б.И., 1981. № 2.
- Егишян К. М., Саркисян Ю. Л. Синтез регулируемых прямолниейных и круговых ивправляющих механизмов.— Иза. вузов. Машиностроение, 1975, № 5, с 61—68.
- Левитский Н. Н. и др. Устройство для воспроизнедения изменяемого закона скорости с линебными и нелинебными участками.— В ки: Моханика машин М., Наука, 1976, вып. 51, 13 с.
- Макарян С. М. Синтел зубчато-рычажного механизма с прерывнетым односторовним движением ведомого звена.— Машиловедение, № 2, 1970, с. 53—59.
- 6 Шишкин Л. С. Зубчато-рычажные механизмы.— М.: Машиностроецие, 1971. --190 с.

20340406 002 90500003066600 ЦАОРОТОВО БОДБАВАР ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЯ ССР

Sthulhungung alamaip. alaha XXXV, M. 4, 1982

Серия технических наук

машиностроение

М Г СТАКЯН, Н С ИСАХАНЯН

ЦИКЛИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИП

Олним из основных направлений снижения материалоемкости манили янляется уточнение и совершенствование методов расчета их узлов и деталей, режим нагружения и механические характеристики которых посят стохастический характер и, в основном, подчиняются иормальному закону распределения. Это позволяет в структуру традиционных методов расчета ввести статистические параметры вынослалости и производные от них величины, т. к. использование одних осредненных значений приводит к неконтролируемому разбросу и, в большинстве, запышению запасов прочности и долговечности, что в условиях крупносерниюто и массового производств может стать помехой на пути увеличения объема машиностроительной продукции.

На основе теории подобия усталостного разрушения [1] разработана методика определения максимальных напряжений в связи с масштабным эффектом и концектрацией напряжений. Показана возможность применения этой теории и для сложного нагружения [2, 3]. Накоплены данные об особенностях изменения вариационных коэффициентов пределов выносливости и дана вероятностная трактовка эффективного коэффициента концентрации напряжений K₂ [4].

Это предусматривает также применение вероятностных методов к при оценке долговечности конструкции, особенности которой вытекают из природы усталостного разрушения материалов, описываемой зависимостью о" N = C. Если учесть, что в тяжелонагруженных узлах чаще всего применяют высокопрочные и термообработанные до высокой твердости материалы, для которых m = 15...30, то незначительные колебания пиклических перенапряжений могут вызвать вариацию средневероятных иначений долговечности на 1—2 порядка. Переменны также показатели рассеяния долговечности, которые на уровие длительных пределов вынослиности, представляющий практический интерес, значительны, в связи с чем вероятностная оценка долговечности станопится необходимым условием для пронедения уточненных расчетов. П отому в [4] предложен сталист и в виде отношения циклических долговечностей образной гладких и с концентратором изпряжений, который с вероятностных пенций учитывает чувствительность к перенапряжениям, а также влияние реальных форм и размеров на долговечность.

Рассматривается прочность и долговечность соедниения типа «вал-ступица» — шпоночного, особенность конструкции и сложность вапряженного состояния которого.заключается в том, что в его опасном сечении могут взаимодействовать разнородные копцентраторы напряжений галтель, шпоночный паз в посадка. Напряженно-деформированное состояние и характер разрушения каждого из них подробно изучены [5]. Менее изучен вопрос взаимодействия и степень воздействия каждого концентратора а суммарном мфекте циклического повреждения, поэтому в отлично от градопноваюто пофференциального метода в данной работе представлены результаты комплексного неследолация цикопочного соединения в целом.

Циклические испытания приближены к реальным условиям работы соединения совместное действие изгиба и кручение, характершое яля валов передаточных механизмов; распределение кругящего момента между посалкой и шионкой при передаче его через соединение; наличне фреттині коррозни в соединения, вариация посалочных размеров в пределах допусков, что меняет действительный натят и несущую способность соединения, перераспределяет кругящий момент и степень повреждения контактирующих поверхностей; варнация расположения копцентраторов, что меняет степень их взаимодействия; наличие других неконтролируемых факторов, связанных с неидентичностью состояиий контактирующих поверхностей и имеющих место в реальных конструкциях.

Суммарное воздействие указанных факторов при неблагонриятном их сочетании может привести не только к значительному изменению долговечности, но и разбросу показателей прочности соединения в большей степени, чем для лабораторных образцов упрощенной конструкини, по результатам испытаний которых составлены справочные таблицы [5].

Использованы результаты циклических испытаний шионочных соединений при совместном циклическом изгибе и статическом кручении (= 0,45) [6]. Конструкции образцов из стали 45 (пормализация: HB = 190, $z_n = 673$ MHa, $z_1 = 419$ MHa, $z_7 = 253$ MHa) представлены на рис. 1. Всего проведено 7 серий испытанный глалких (А), с галтелью (Б), гладких шпоночных образцов (В) и шионочных соединения (Г) при варьируемом расстоянии между галтелью и ипоночных соединения (Г) при варьируемом расстоянии между галтелью и ипоночных соединения (Г) при варьируемом расстоянии между галтелью и ипоночных соединения (Г) при варьируемом расстоянии между галтелью и ипоночных соединения (Г) при варьируемом расстоянии между галтелью и ипоночных соединения пазом: $\Gamma + b = -1.5$ мм; $\Gamma 2 - b = 1.5$ мм; $\Gamma 3 - b = 2$ мм; $\Gamma 4 - b = 4$ мм. Фотоупрутими измерениями и двиными других авторов определены сечения действия максимальных изпряжений для галтели $\frac{r}{d} = 0,005$ и посадки $\emptyset 20 \frac{H7}{16}$. Для максимально возможного син-

жения прочности, а также определения границ, исключающих взаимное влияние концентраторов, опасные сечения всех видов совмещены, а затем изменено расположение шпоночного ияза относительно двух остальных концентраторов.



Рис 1 Конструкции образцов

Коэффициенты K, и K_N, характеризующие прочность и долговечность соединения, являются случайными функциями от N₁ и = и их изменение в большинстве носит возрастающе-убывающий характер. При использовании уравнений кривых выносливости в парамстрическом виде

$$\lg N_l = (\overline{\lg N} + u \cdot S_N) - (\overline{m} + u \cdot S_m) (\lg \circ_l - \lg \circ) = C - m \lg \circ_l$$

для нижеуказанных зон N_i и 2, получены зависимости [4]:

$$1 - N_{1} < N_{ak} (N_{t} < N_{a}), \qquad \text{ig } K_{a} = S_{1} + M_{1} \text{ig } N_{t};$$

$$11 - N_{ak} < N_{t} < N_{a} (N_{0} < N_{t} < N_{ak}), \qquad \text{ig } K_{a} = S_{2} + M_{2} \text{ig } N_{t}; \qquad (2)$$

$$111 - N_{t} > N_{a} (N_{t} > N_{at}), \qquad \text{ig } K_{a} = \text{const} = \text{ig } z_{t} - \text{ig } z_{tk}$$

$$1 - z_{t} > z_{t}; \qquad \text{ig } K_{N} = \Delta C_{1} + \Delta m \text{ig } z_{t}; \qquad (3)$$

$$111 - z_{tk} < z_{t} < z_{t}, \qquad \text{ig } K_{N} = \Delta C_{2} + m_{k} \text{ig } z_{t}; \qquad (3)$$

$$111 - z_{tk} < z_{t} < z_{t}, \qquad \text{ig } K_{N} = \text{const} = \text{ig } N_{t} - \text{ig } N_{th}; \qquad (3)$$

На рис. 2 представлены рассчитанные по (2)--(3) значения K, в K_N для вероятностей неразрушения I(N) = 10. 50 и 99.9% (для удобства значения K_N даны в полулогарифмических координатах).

В связи с малой протяженностью II зоны долговечностей (Nanna) максимальные значения Катах близки или вовсе равны таковым для области длительной выносливости и поэтому представляют наибольший интерес для оценки прочности. Как видно из рис. 2а, максималь-



Рис. 2. Области рассеяния коэффициентов K_a и K_N : а) значения m_a при $N_a = 5 \cdot 10^{\circ}$ (Б — галтель, В — гладкие шионочные образцы, Г — шлоночное соединение): б) значения K_N на уровне: σ_r (максимальные значения $K_N \max r = B_3$, Γ_3 : $\sigma_r = 150 \ MHa - B_3$, Γ_2 : σ_{rk} (граничные значения $K_N^r - B_3$, Γ_3). Обозначения областей Г и В зналогичны рис. 2а.

ное снижение циклической прочности имеет место при совмещении опасных сечений исех трех концентраторов. При этом превалирующее влияние оказывает посадка, т. к. зарождение усталостных микротрещии в начальный период происходит по всему периметру контакта вала со ступицей от фреттинг-коррозии, а затем — по острым краям шпоночной канавки, в местах перехода се криволинейного участка к пря-

молинейному. Влияние же шпоночной канавки и галтели происходит в пропессе избирательного развития микротрещин и проявляется в изменении параметрои выносливости образнов серии Г. Наличие в соединении острого концентратора (посадки), повреждающее действие которого отличеется от остальных, «сглаживает» суммарный эффект действия остальных и при выводе шпоночной канавки из зоны максимальной напряженности наблюдается слабос, но монотонное синжение K_a до аналогичных значений для серии В. которая является контрольной.

Средневероятные значения К на 20--25% выше аналогичных справочных данных, полученных для соединений при испытаниях их никлическим изгибом, что является следствием усиления напряжениости наиболее опасных поверхностных слоев при совместном действии ± ч н

Синхроннос и совокупное действие нескольких разпородных факторов, сопутствующих процессы зарождения и развития микротрещии з соединении, приводит к увеличению показателей рассеяния долговечности образцов серии Г относительно гладких (серия А), поэтому с повышением I(N) значения K_s для соединений растут. Разброс K_s относительно средневероятных значений при I(N) = 10...99.9% составляет -4.5...18.4% (варианновный коэффициент меняется в пределах $v_{K_n} = 0.6...4.40/_0$).

Степень концентрации напряжений определяет взанмное расположение областей рассеяния долговечностей гладких образцов и шпоночных соединений и существенным образом влияет на вид функции K_N и соотношение зон . В нашем случае высокая концентрация напряжений ($K_i \ge 2$) привела к росту максимальных значений K_N до $K_{Ninax} = 20$ и перемещению их в область нысоких перенапряжений, поэтому практический интерес представляет II зона и особенно интернал (1...1, 3) σ_{re} , в пределах которых значения K_N и показатели ее рассеяния, в основном, зависят от параметров кривой ныносливости шпоночных соединений (серии Г). На рис, 26 представлены значения K_N для всех трех зон — : линии Γ_2 соответствуют K_N при $\sigma_i = 1,25 \, \mathfrak{s}_{re}$. Для них максимальное расхождение вероятностных значений от K_N при $l(N) = 10...99,99/_0$ составляет 34...110% (варнационный коэффициент: $= 10...27^0/_0$).

В конечном итоге, расчетные значения K_s и K_N зависят от характера изменения нараметров кривой выносливости *m*. *C* и показателей рассеяния долговечностей S_m и S_{er} , иходящих в (I) и комплексно учитывающих влияние всех повреждающих факторов на прочность и долговечность соединений. На рис. З представлено изменение вероятностых значений *m*, *C* и вариационных коэффициентов

Из рис. 2 и 3 прослеживается общая тенденция поведения рассмотренных величии — с выводом из зоны максимальной напряженно-

j2

сти второй по значимости концентратора (шпоночной канавки) вероятностные значения параметров достигают аналогичных величин для контрольной серии испытаний В в интервале b = 4,5...5,5 мм, тем самым вызывая снижение значений K_a и K_N . Следовательно, характер взаимодействия трех концентраторов согласуется с принципом неполного наложения надрезов [7], согласно которому наиболее острый концентратор, создавая основную часть поля напряжения сложного надреза и «подавляя» действие остальных, становится определяющим в оценке прочности и долговечности соелинения.



Рис. 3. Номенения параметров криной пыпосливости и нариационных коэффинисатов: О — C: • m, — v_c : ÷ - c_m : × - v_s .

Взаимодействие концентраторов можно описать линейным законом изменения рассмотренных параметров в зависимости от их взаимного расположения:

$$y_i = \overline{y} + r \frac{S_y}{S_x} (x_i - \overline{x}) = A_{x_i} + B_i$$
 (4)

где $A = r \frac{S_v}{S_x}$; B = y - Ax; $y_i - рассмотреннные параметры; <math>x - 3$ начения b_i .

Результаты вычислительных операций на ЭВМ представлены в табл.

Расчетные данные свидетельствуют о лостаточной тесноте корреляционной связи между рассмотренными величинами. Доверительная оценка выборочного козффициента корреляции ноказала, что согласно проверке по критерию линейности $H = |r| \sqrt{n-1}$ (n = 5) с надежностью вывода P = 95% можно отвергнуть гипотезу о некоррелировалности рассмотренных неличин. В таблице дано также процентное расхождение Δ опытных и расчетных данных в рассмотренном интервале значений *b*, которое свидетельствует об удовлетворительном их совпадении и возможности применения в инженерных расчетах уравнении (4).

TAGANUR

№№ п/п	Параметр	1 (N). %	r	А	В	H	1, 2
1	$C = f_1(b)$	10	0.9444	0,6358	16,7259	1,889	-2,74,6
2		50	0,9647	0.6332	15,9508	1.929	-3.73,7
3		99.9	0,9016	0,6264	13,8757	1,803	-84,9
4		10	0,9454	0,2419	4,9171	1,891	-3,48,3
5	$m = f_2(b)$	50	0,9629	0,2711	4,6041	1,926	-5,85.3
6		99,9	0,9072	C.2689	3,7661	1,814	-12,77.5
7		10	-0,798	—0,0296	1,91	1,596	-3,43,8
8	$K_{g} = f_{3}(b)$	50	-0.9514	-0.0345	1,9623	1,903	-1.71,9
9		99,9	-0,7869	-0,0526	2,1801	1,574	-6,75,5
10		10	—0,896	0,0441	0,3808	1,792	-910,9
11	$\lg K_N = f_1(b)$	50	-0,972	-0,0434	0.4746	1,944	-14,36,5
12		99,9	-0,7938	0,0412	0,7263	1.558	-10,411,3

Результаты исследования позволяют определить границы расположения концентраторов, при которых на этапе конструирования можно исключить возможность их взаимодействия. Учитывая, что радиусы галтельных переходов валов для интервала диаметров d = 17...100 мм мало влияют на изменение опасного сечения галтели, возможно обобщить результаты опытов для интервала d, чаще применяемого в практике конструирования. Согласно опытным данным, при расположении опасных сечений галтели и шионочной канавки на расстояние $x \approx 3,5 r$ прочность и долговечность сложного концентратора в широком интервале вероятностей неразрушения определяется лишь действием наиболее острого из них — посадкой. Согласно графическим построениям:

$$x\approx b+\frac{b_{\rm w}}{2}-0.75r,$$

откуда и получим зависимость для определения расстояния от торца вала до шпоночной канавки:

$$b \ge 4.25r - \frac{b_{\rm m}}{2}$$
 (5)

25. V. 1982

ЕрПИ им. К. Маркса

Մ. Գ. ՍՏԱԿՏԱՆ, Ն. Ս. ԻՍԱԽԱՆՏԱՆ

ՆՐԻԹԱՎՈՐ ՄԻԱՑՈՒՄՆՆՐԻ ՑԻԿԼԱՅԻՆ ԱՄՐՈՒԹՅՈՒՆՆ ՈՒ ԵՐԿԱՐԱԿՆՑՈՒԹՈՒՆԸ

Ամփոփում

Դիտարկվում է լարման կուտակիչների վերադրման էֆեկտի փոփոխումը «լիսեռ-կունդ» (երիքավոր) միացման մեջ, որի վտանգավոր կտրվածջում դասավորված են դալտել, երիքալին ակոս և անցումային նստեցում։ Տրված է միացման ցիկլային ամրություն և երկարակեցության հավանական գնահատականը՝ լարման կուտակիչների փոխաղարձ տեղաշարժման դեպրում և որոշված են նրանց անվտանդ գասավորումը բնորոշող պարամեարերը, որի դեպրում բացառվում է նրանց փոխադարձ աղդեցությունը։

ЛИТЕРАТУРА

- Козась В. П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени.—М.: Машиностроение, 1977.— 232 с
- Олейник Н. В., Стакяк М. Г. Расчетная оценка несущей способности осей при знаконостоянном циклическом нагружении Изв. АН Арм.ССР (сер. ТН), 1978, т. XXXI, № 6, с. 3--9.
- Оледник Н. В., Стакян М. Госпарян С. А. Расчетная оценка выносливости валов при нагружении циклическим изгибом и статическим кручением. Изв. АП Арм.ССР (сер. ГН), 1979. г. XXXII, № 1, с. 3--8.
- Стакяя М. Г., Гаспаряя С. А., Мак С. Л. К оценке эффекта концентрации навряжений при станнонарном режиме нагружения — Изв. АН. Арм ССР. (сер. ТП), 1973. т. XXVI, № 4, с. 21. 27.
- Серенсен С. В., Когаев В. П., Шнейдерович Р. М. Песущая способность и расчети дсталей машин на прочность.— М.: Машиностроение, 1975.— 488 с.
- 6 Мак С. Л., Гаспаряя С. А., Стакяя М. Г. Исследование инклической прочности ционочных соединений. В кн.: Мат. юбил. научно-техи. конф., посвящ. 50-ле тию ОПИ. Машиностр. и экономика Одесса, изд. ОПИ, 1968, с. 108 - 116.
- Мак С. Л., Стакяя М. Г. Исследование эффекта наложения концентрации напряжений.— Изв. вузов. Машиностроение, 1969. № 1, с. 36—41.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԳԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկական գիտութ. սեշիա

XXXV, № 4, 1982 Серия схинческих наук

МАШИНОСТРОЕНИЕ

г. Л. гранлян

АНАЛИЗ НАЧАЛЬНОГО ТЕЧЕНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СТАЦИОНАРНОП СТАДИИ ПРОЦЕССА РЕВЕРСИВНОЯ ВЫТЯЖКИ

Определенный интерес представляет решение задачи о влиянии анизотропни на предельное значение коэффициента вытяжки т = полученное на основе исследования начального течения. Такой подход лля оценки влияния анизотропии на всличних предельного коэффициента вытяжки из листовой заготовки использован в [1-3]. В случае ортогропного материала значение коэффициента вытяжки определялось

из условия, что при максимально возможном значении радиального напряжения в условнях плоского напряженного состояния

$$P_{F} = \frac{1}{\sqrt{2F}} \sqrt{1 + \frac{F}{F + 2H\cos^2 2\varphi + (N - F)\sin^2 2\varphi}}$$

где 9- угол, определяющий направление главной оси анизотропии относительно радиального направления; N, F, H - нараметры анизотронии [4]), когда радиальное напряжение на внешнем контуре заготовки равно нулю.

В случае трансверсально изотропного материала N = 2H + F и коэффициент анизотронни: $R = \frac{H}{F}$.

Используя зависимость между параметрами анизотропни и пределом текучести в плоскости листа [4]:

$$\frac{1}{\sigma_c^2} = H + F,$$

после подстановки значений для трансверсально изотропного материала получим

$$\sigma_r = \sigma_{rmax} = \tau_r \frac{1+R}{\sqrt{1+2R}}$$

Обычно при таком подходе к решению задачи принимается допушение [1, 3], что материал не упрочняется ($\sigma_s = \sigma_{s_s} = \text{const}$), толщи-

на материала постоянна (h = h_a = const) и начальное пластическое течение у внешнего контура заготовки при предельно достижимом значении коэффициента вытяжки начинается только тогда, когда радналькое напряжение на внутреннем контуре достигает значения одила.

Соответствующая этон модели схема стационарной стадии пронесся реверсивной вытяжки приведена на рис 1.

Решение выполним, учитывая, что напряженное состояние является плоским и напряжения распределяются равномерно по толщине ма-

тернала, т. е. будем учитывать только мембранные напряжения безмоментной теории оболочек.

Дифференциальное уравнение равновесия элемента, выделенного в пластической области, используется с учетом изменения толщины и трения и может быть записано в виде [5]:

$$\frac{d(\sigma_r rh)}{dr} = 1 + 1 \varphi \frac{r}{\sin \varphi} = 0, \quad (1)$$

где и – коэффициент трения; h – Рис. 1. Схема пропесса пеперсивной текущее значение толщины материала: р — давление, передаваемое



пытяжки.

на элемент со стороны матрицы, которое определяется на основании уравнения Лапласа. С учетом знаков кривизны из уравнения Лапласа нмеем:

$$p = -h\left(\frac{1}{r}\cos\varphi - \frac{1}{r_{e}}\right) = \frac{h_{e}}{r_{e}}\left(1 - \frac{1}{r_{e}}\cdot\frac{1}{r_{e}}\cos\varphi\right).$$
(2)

где 👽 и 🧃 – нормальные напряжения в радиальном и окружном направлениях; г и р — координаты положения элемента; г — ралиус срединной поверхности горообразной части оболочки, условно принятый постоянным.

Как видно из рис. 1:

$$\cos \varphi = \frac{\frac{r_0 + r_h}{2} - r}{r_u} = \frac{r_0}{r_u} \left(\frac{1 + m}{2} - \bar{r}\right). \tag{3}$$

где $m = \frac{r_0}{r_0} -$ коэффициент вытяжки, а $r = \frac{r}{r_0} -$ безразмерная paдиальная координата. Следовательно:

$$\sin \varphi = \frac{r_0}{r_*} / \overline{r(1+m) - r^2 - m}.$$
 (4)



Подставляя полученные значения в лифференциальное уравнение равновесия (1) и используя безразмерные характеристики радиальной координаты $\overline{r} = -$ и толщины $\overline{h} = -\frac{h}{h}$ получим:

$$\frac{d\left(z,\overline{rh}\right)}{d\overline{r}} = z_{v}\overline{h} + \frac{\mu z_{v}\overline{h}\overline{r}}{\sqrt{\overline{r}\left(1+m\right)-\overline{r^{2}}-m}}\left[1-\frac{z_{v}}{z_{r}}\left(\frac{1+m}{2r}-1\right)\right] = 0.$$
(5)

Для принятых условий ($h = h_0 = \text{const}$ и $a = a_0 = \text{const}$) уравнение (5) может быть записано в виде

$$d(\bar{z},\bar{r}) - \bar{z}_{0}d\bar{r} + \frac{p_{0},\bar{C}(\bar{z},\bar{r})rdr}{|(1+m)\bar{r}-\bar{r}^{2}-m|} = 0$$
(6)

где з — и з_е = — безразмерные характеристики нормальных напряжений.

$$C\left(\overline{a},\overline{r}\right) = 1 - \frac{\sigma_0}{\overline{a}_r} \left(\frac{1+n!}{2\overline{r}} - 1\right).$$
⁽⁷⁾

Если воспользоваться условнем пластичности Мизеса Хилла для трансверсально изотронного материала при плоском напряженном состоянии [4]:

$$a_{j}^{*} + a_{k}^{*} - \frac{2R}{1 + R} a_{j} a_{k} = a_{j}^{*},$$
 (8)

отношение — можно выразить через безразмерную характеристику радиального напряжения:

$$\frac{\sigma_0}{\sigma_r} = \frac{R}{1+R} - \left[\frac{1}{\sigma_r^2} - \frac{1+R}{(1+R)^2} \right]$$
(9)

Подставляя это значение в уравнение (7), получаем:

$$C(\overline{a_r}, \overline{r}) = 1 + \left(1 - \frac{1 - m}{2r}\right) \left(\frac{R}{1 + R} - \sqrt{\frac{1}{\overline{a_r^2}} - \frac{1 + 2R}{(1 + R)^2}}\right) \quad (10)$$

Из ураниения (8) следует, что

$$\bar{q} = \frac{R}{1+R} \bar{q}_{r} - \left[1 - \frac{1+2R}{(1+R)^{2}} \right], \quad (11)$$

Подставляя это значение в лифференциальное уравнение (6), после преобразований получаем:

$$d\bar{z}_{r} = -\frac{d\bar{r}}{\bar{r}} \left\{ \frac{1}{1+R} \bar{z}_{r} + \sqrt{1+\frac{1+2R}{(1+R)^{2}}} \bar{z}_{r}^{*} + \frac{\mu\bar{z}_{r}\bar{r}C(\bar{r})}{\sqrt{(1+m)\bar{r}-\bar{r}^{2}-m}} \right\}.$$
(12)

Интегрирование этого уравнения выполнили на ЭВМ для различных вначений R и р. Принималось, что противонатяжение отсутствует (\overline{m} , = 0) и $C(\overline{r}) = 1$, г. к. в диапазоне $m \ll \overline{r} < 1$ при 0,7 $m \ll 0.4$ среднее экачение этой функции незначительно отличается от единицы.

На рис. 2 приведены построенные по результатам этих расчетов графики изменения безразмерной характеристики радиального напряжения (r) в пластической области ври реверсивной вытижке трансверсально изотропных материалов с различными значениями коэффиниентов анизотропны (R = 0, 1 и 4) при различных условиях трения ($\mu = 0$ и $\mu = 0,2$).



Рис. 2. График зависимости (г) Штриховые лиции – при р. 0. Сплощные лиции – при р. 0.2.



Рис. 3. График записимости m (R).

Как видно из рис. 2, значение коэффициента *т* тем больше, чем больше коэффициент трепия р и чем меньше коэффициент анизотронин *R*. Предельное значение r = m определяется по условию, что $a_r = a_{rмаx}$ независимо от условий трения. Точки, ограничивающие каждую пару кривых, имеют одинаковые ординаты $a_r = a_{rwax}$.

На рис. З приведены графики, характеризующие зависимость достижимого коэффициента вытяжки *m* от коэффициента анизотропии *R* при различных условиях трения, построенные с использованием графического решения, приведенного на рис. 2.

Ернинмм

11. V. 1981

Գ. Լ. ԴՐԴԻԼՅԱՆ

ՍԿՉԲՆԱԿԱՆ ՀՈՍՔԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ՝ ԴԱՐՉԱՓՈԽՈՒՄՈՎ ԱՐՏԱՉԳՄԱՆ ՊՔՈՑԵՈՒ ԿԱՅՈՒՆ ՓՈՒԼԻ ՀԱՄԱՐ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ

մալկուկում վերլուծված է մետաղյա կիկեղի անիզոտրոպ ճատկուկուն մանբճատղա խոնուտիտածղար ղեսպլութ մանմախահաց ոմուկութուցի գործակցի սահմանույին արժեքի վրա սկղրնական ընթացքի դեպրում. «րր Համապատասխանում է կայուն փուլին, բայց դեռ լի գրավել <mark>կայուն վի</mark>նակ։

արությունը արդյունքը ցույց է տալիս, որ զարձափոխումով արտաձըդսան դործակցի արեքը դգալիորեն կախված է թիթնկյա մետաղը ասիզոտրոարայրդ և արծակիցներըը։

ЛИТЕРАТУРА

- Арышенский Ю. М. Теория листовой штамповки анизотропных материалов:- Саратов: Изд-во Саратовс, универс, 1973. 111 с.
- Шевелев В. В., Яковлев С. П. Анноотропия листовых материалов в се плинине па выляжку.— М.: Машиностросине, 1972.— 136 с.
- 3 Яковлев С. П., Шевелев В. В. О начальном теченин фланца заготовки при омтижке анизотропного материала. В кн.: Технология машиностроения «Исследования в области плястичности и обработки металлон давлением». Тула, ТПИ, 1967. Вып. 1, с. 6—11.
- 4 Хилл Р Математическая геория пластичности М.: ГИТТЛ, 1956.- 426 с
- 5 Понон Е. А. Основы геории листовой штампонки. М.: Машимостроение, 1968 283 с.

20340400 ни2 архаррзароверь цацароризь ходычиарг известия академии наук армянскоя сср

անիկական զիտութ. սեշիա

XXXV, Nº 4, 1982

Серяя технических науч

электротехника

А_А_ТЕРЗЯН

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ И ПОТЕРИ В ЯВНОПОЛЮСНОМ МАССИВНОМ РОТОРЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЯ МАШИНЫ

В автономных системах электроснабжения находят применение писокоскоростные снихронные генераторы, полюсная система которых охвачена чередующимися в тангенциальном направлении «магнитными» и «немагнитными» сегментами, образующими в целом биметаллическое кольно. «Магнитные» сегменты являются полюсными наконечниками, а «немагнитные» располагаются и междуполюсных пространствах и в общем случае выполняются из металла с магнитной проинцаемостью р. несколько большей магнитной постоянной ро = $4\pi \cdot 10^{-4} \Gamma/м$, и удельной электровроводностью т, отличкий от нуля

Одним из нозможных исполнений демпферной системы и полобных конструкциях является проводящее покрытие на наружной поверхности биметаллического кольца. Покрытие выполняется очень тонким и не в состоянии полностью демпфировать несинхронные поля, которые пронизывают его и достигают кольца. В связи с этим массивные полюсные наконечники и межполюсные вставки наряду с выполнением ос ковных конструктивных и магнитных функций являются также элементами естественной системы демпфирования.

С целью оценки влияния явной полюсности ротора, включая межполюсные вставки, на потери от вихревых токов и демпфирующие свой ства описанных конструкций решается задача электромагнитного поля (рис. 1) Рассматривается поле от бегущей волны поверхностного тока статора произвольного порядка. Потери в роторе от нескольких совместно действующих гармоник определяются сложением потерь от наждой из них в отдельности. Другие допущения: поле неизмению вдоль аксиальной оси машины z; поверхность расточки статора гладкая; рабочий зазор развернут, границы раздела сред параллельны осям координат в декартовой системе (x, y); области 1... IV однородны и изотропиы.

В системе координат, связанной с ротором, принимаем, что все составляющие поля изменяются во времени по гармоническому закону ехр ($-j\omega l$), где ω круговая частота токов, индуктированных в роторе. Тогда уравнения результирующего электромагнитного поля [1, 2] относительно комплексных амплитуд напряженностей электрического и магнитного полей È и H записываются в виде

$$\operatorname{rot} H = {}_{\mathsf{T}} E, \qquad \operatorname{rot} E = \operatorname{Jop} H.$$

В плоском поле существует только аксиальная составляющая $E_{x} = \dot{E}$ и $\partial \dot{E}/\partial z = 0$. Введя в уравнения поля векторный потенциал A как гог $\dot{A} = \dot{H} (H_x - \partial \dot{A}/\partial y, H_y = -\partial A/\partial x)$ и расположни системы координат для каждой из областей ротора аналогично области зазора ($x_1 = x, y_1 = y$), получаем однородное уравнение Гельмгольца:

$$\partial^2 A_i / \partial x^2 + \partial^2 A_i / \partial y^2 - i \omega \gamma, A_i = 0.$$
 (1)

где $l = 2 \dots 4$ — нумерации областей на рис. 1. В области зазора (l = 1), подставляя в (1) $\gamma_1 = 0$, имеем уравнение Лапласа.



Рис. 1. Рассматриваемая область поля: 1—рабочий зазор между статором и рогором; 11 проводящее покрытис; 111 полюсный наконечник; 1V межнолюсная встапка.

Общее решение уравнения (1), получаемое методом разделения переменных, имеет вид

$$\dot{A}_{i} = (x_{i}, y_{i}) - \dot{A}_{i} + \dot{A}_{i},$$
 (2)

где

$$\dot{A}_{i} = \sum_{n_{i}} [\dot{P}_{ni} \operatorname{sh} (x_{ni} y_{i}) + Q_{ni} \operatorname{ch} (x_{ni} y_{i})] \sin (\beta_{ni} x_{i});$$

$$A_{i} = \sum_{l_{i}} [R_{i1} \operatorname{sh} (x_{i} x_{i}) + \dot{S}_{li} \operatorname{ch} (x_{i} x_{i})] \sin (\beta_{li} y_{i});$$

$$n_{i} = 1, 2, 3, ..., l_{i} = 1, 2, 3, ...$$

Здесь β_{nt} определяется из условия обрашения A_i в нуль на границах 1-ой области с $x_i = \text{const}$ (0 н X_i), соответственно β_{i1} — из условия $A_i = 0$ на границах с $y_i = \text{const}$ (0 н Y_i); $\alpha_{nt} = (1 - \xi_i)^{i_1}$, $\xi = (1 - \xi_i)^{i_2}$, $\xi = (1 - \xi_i)^{i_1}$, $\xi = (1 - \xi_i)^{i_2}$, $\xi = (1 - \xi_i)^{i_1}$, $\xi = (1 - \xi_i)^{i_2}$, $\xi = (1 -$ плоской волны в полубесконечную среду с параметрами р. н.,

Общее решение уравнения Лапляса для области зазора получается заменой в (2) а_н на и на .

Постоянные P_{ni} , Q_{ij} , R_{ij} , S_{ij} определяются из следующих условий на внешних границах рассматриваемой области (рис 1) и гранииях раздела сред. На поверхности расточки статора задана касательная составляющая напряженности магнитного поля [2]:

$$H_x = \partial A_1 / \partial y = -Z_2 \sin(-x), \tag{3}$$

гле Z. — амплитуда бегущей нолны линейной плотности поверхностного тока порядка у с полюсным делением = уп/т.

Поскольку глубина проникновения Δ_i меньше толщины бимсталлического кольца в несколько раз, пренебрегаем волной, отраженной от внутренней поверхности кольца, т. с. принимаем $A_i \rightarrow 0$ при $g \sim \infty$.

Область поля ограничена одним полюсным делением ротора, поатому записываются условия периодичности аналогично [3]:

$$\mu_{i(i+1)} [\bar{A}_i]_{i=1} = (-1)^{*} \mu_i \bar{A}_i]_{i=1};$$
(4)

$$\partial \dot{A}_{i(i+1)} \partial x \big|_{s=\tau} = (-1)^s \partial \dot{A}_s \partial x \big|_{s=s} .$$
⁽⁵⁾

На границах раздела сред при допушении об отсутствии поверхностных токов удовлетворяются условия непрерывности:

ири
$$y = \text{const} - \mu_{-1} A_{l+1} = \mu_l A_l$$
: (6)

$$\partial A_{i+1}/\partial y = \partial A_i/\partial y; \tag{7}$$

$$np_{ii} \quad x = const - \mu_{i+1} A_{i+1} = A_i; \tag{8}$$

$$\partial A_{i-1} \partial x = \partial A_i / \partial x. \tag{9}$$

Некоторые из граничных условий удовлетворяются с использованием процедуры, аналогичной методу Бубнова Галеркина [4] В частности, правые и левые части (3), а также (7) ири $y = \delta'$, умножаются на sin $(3_{N1} x_1) dx$ $(\beta_{N1} - N_1 \pi/\tau, N_1 - 1, 2, ..., K)$ и интегрируются на [0, τ]. Сходным образом уравнения (5) и (9) умножаются на систему соответствующих ортогональных функций и интегрируются на [0, X_i]. Условие (6) при $y = \delta' + g$ разбивается на два [5]: для областей H и III на [0, b_μ] и для областей II и IV на [$b_{-\tau}$], причем, к каждому из инх применяется описанная выше процедура. Тамже условие (7) удовлетворястся в виде

$$\int \frac{\partial A_3}{\partial y} \sin(\beta_{N1} x) dx + \int \frac{\partial A_4}{\partial y} \sin(\beta_{N1} x) dx = \int \frac{\partial A_2}{\partial y} \sin(\beta_{N1} x) dx.$$
(10)

Решения (2) записываются в относительных единицах (*о.е.*). Базисными величинами являются: для напряженности магнитного поля— Z_i : для параметров сред – магнитная проницаемость зазора $\mu_1 = \mu_0$ и удельная электропроводность стали полюсного наконечника γ_4 ; для лицейных размеров – глубина проникновения бегущего магнитного поля в диэлектрик $\Delta' = -i\pi = \tau i (\imath \pi)$. Тогдя в (2) в *о.е.* $i2 (\Delta'/\Delta_1)^2 = j\xi'_1$, где $\xi' = (2)^{-1}\Delta'/\Delta_1$ – определяющий критерия подобия электромагнитного поля [1] для *i*-ой области. В то же время, принимая характерный геометрический размер $L = \Delta'$ и скорость движения среды относительно заданной v-ой гармоники $v = \omega \tau_i / \tau_i$, получим магнитное число Рейнгольдса [2], характеризующее интенсивность электромагнитных процессов и *i*-ой области: $\text{Re}_{m_1} = \mu_i \tau_i$, $vL = = 2 (\Delta' \Delta_1)^2 = \varepsilon_1^2$.

Таким образом, решение задачи в *о.е.* определяется следующими безразмерными величинами: порядком гармоники новерхностного тока статора у; относительными размерами c'/Δ' . b_p/Δ' . h_p/Δ' : относительными магнитными проницаемостями р. p_{32} , p_4 : определяющими критериями подобия электромагнитного поля ξ'_3 ; или, взамен последних, соответствующими магнитными числами Рейнольдса. В дальненшем изложении все рассматриваемые величины безразмериыс, в *о.е.*, включая линейные размеры, обозначаемые так же, как на рис. 1.

Постоянные в (2), определенные в результате удовлетворення условий (3)... (10), представлены в приложении.

Потери мощности на вихревые токи в рогоре определяются теаремой Умова Пойнтинга. Мощность, доставляемая в ротор в виде поюка вектора Пойнтинга, на единицу активной длины и одно полюсное деление, в o.e.:

$$\bar{S}_{\Sigma} = \bar{P}_{\chi} + j\bar{Q}_{\chi} = -j \frac{\operatorname{Re}_{\pi3}}{\mu_{3}} \mu_{2} \int A_{2}|_{y=2} \frac{\partial A_{2}}{\partial y}\Big|_{y=2} dx,$$

гле P, - мощность тепловых потерь; Q, - реактивная мощность.

Аналогично рассчитывается мощность, передаваемая через граннцы каждой области в отдельности. Расчеты на ЭВМ показывают, что мощность, передаваемая из области II в области III и IV, совпадает с суммой мощностей, поступающих в области III и IV, с погрешностью, не превышающей доли процента. Это свидетельствует о высокой гочности удовлетворения условий на границе сред II и III, IV. Из расчетов следует также, что мощности, передаваемые через боковые поверхности областей ротора, на несколько порядков меньше мощностей через поверхности, обращенные к зазору.

На рис. 2 представлен пример зависимости потерь от толщины покрытия. Выраженный максимум потерь имеет место в широком диалазоне изменения р'. Здесь под р, подразумевается динамическая матнитная проницаемость стали полюсного наконечника. Мощность потерь в роторе в именованных единицах (*Bm*) опрецеляется как $P = P_x 2pl_t^1 Z_y^2/\zeta_3$, где p = число пар полюсов машины; $l_t =$ активная длина ротора, *м*; A/M: χ_3 . C/M.

Рис. 2. Зависимость мощностей потерь в средах рогора и суммарных потерь от годиних проводящего покрытия при y = 5, $b_1 = 0.65 \cdot 5\pi$, $b' + g = 0.02 \cdot 5\pi$, $h_p = 0.1 \cdot 5\pi$, $b_2 = 1$, 1.5, $z_2 = z_4 = 3$, $\mu_0 = 100$, $z_3 = 10$.



Приложение. Постоянные в решении задачи поля (2) в относительных единицах:

$$\begin{split} \mathcal{P}_{n1} &= V_{11} - V_{11} (h_{1}); \\ Q_{n1} &= \{p_{n1}\hat{T}_{n2}/(c_{n1}c_{n3}) + (\hat{r}\hat{T}t_{n2} + t_{n1})I_{n}(n_{1}) - \dot{V}_{11}[(1 - I_{11}/c_{n1})t_{n2} + \\ &+ \hat{r}\hat{T}_{n2}t_{n1}] - V_{12}t_{n1}c_{n1}]/G_{n1}; \\ R_{11} &= -q_{11}/2; \qquad S_{11} = q_{11}U_{11}/2; \\ P_{n2} &= \{p_{n1}t_{n1}/c_{n2} - I_{n}(n_{1})/c_{n1} + \hat{r}[\dot{V}_{11}(1/c_{n1} - J_{11}) + V_{12}]\}/C_{n1}; \\ q_{n2} &= \{p_{n1}t_{n1}/c_{n2} - I_{n}(n_{1})/c_{n1} + \hat{r}[\dot{V}_{11}(1/c_{n1} - J_{11}) + V_{12}]\}/C_{n1}; \\ q_{n3} &= (p_{n1}\hat{T}_{n2}/c_{n2} + I_{n}(n_{1})t_{n2}/c_{n1} - [V_{11}(1/c_{n1} - J_{11}) + V_{12}]t_{n2}\} + C_{n1}; \\ \dot{R}_{12} &= -r_{12}; 2; \qquad S_{12} = r_{12}\dot{U}_{12}/2; \qquad \dot{P}_{n3} = -\dot{Q}_{n3} = -r_{1}J_{n3}\sum_{n}p_{n1}F_{n1,n3}; \\ \dot{R}_{13} &= \zeta (V_{1}\hat{T}_{13}\hat{E}_{13} + \dot{V}_{4}\dot{D}_{13})/G_{13}; \qquad \dot{S}_{13} = -\zeta (V_{3}\hat{A}_{13} + V_{4}\dot{B}_{13})/G_{13}; \\ \dot{P}_{n4} &= -\dot{Q}_{n4} = \frac{6}{2}\sum_{n}p_{n1}F_{n1,n4}; \qquad R_{n4} = -(\dot{V}_{3}\hat{C}_{13} - \dot{V}_{4}\zeta\hat{E}_{n3})/G_{13}; \\ S_{11} &= (V_{3}\hat{B}_{13} + V_{4}\hat{A}_{13})/\dot{G}_{13}. \end{split}$$

Здесь $\vec{P}_{e1}, \vec{q}_{1}, \vec{r}_{I}$ - кории следующей системы линейных алгебранческих уравнений:

$$\begin{split} \frac{1}{\varepsilon} \varepsilon_{N1} \dot{c}_{N2} \sum_{n_{1}} \dot{P}_{n1} \left[n_{1} (t_{n1} + \varepsilon \tilde{T}_{n2} \tilde{t}_{n2}) I_{N1} (n_{1}) + \frac{\dot{G}_{n1}}{\ddot{T}_{n2}} \frac{b_{p}}{\pi} \times \\ \times \left[\eta \sum_{n_{1}} F_{n1, n3} \left[\dot{a}_{n3} F_{n1, N3} + \frac{4}{h_{p}} \sum_{n_{1}} \tilde{f}_{n3, r3} (1 - J_{13} \dot{e}_{n3}) - \frac{\dot{C}_{N1, 13} + J_{n3}}{\dot{G}_{13}} \frac{\dot{D}_{N1, n}}{\dot{G}_{13}} \right] + \\ + \vartheta \sum_{n_{1}} F_{N1, n4} \left[\dot{a}_{n4} F_{N1, n4} + \frac{4}{h_{p}} \sum_{n_{1}} \tilde{f}_{n4, r3} (1 - J_{13} \dot{e}_{n3}) \times \right] \\ \times \frac{\dot{C}_{N1, 13} + J_{n} J_{n4}}{\dot{G}_{13}} \frac{\dot{D}_{N1, r3}}{\dot{G}_{13}} \right] \\ + \frac{1 - J_{n} J_{N1}}{\ddot{G}_{13}} \left\{ \sum_{l_{1}} \tilde{f}_{n1, r3} \left(1 - J_{13} \dot{e}_{n3} \right) \times \right] \\ \times \frac{\dot{C}_{N1, 13} + J_{n} J_{n4}}{\dot{G}_{13}} \frac{\dot{D}_{N1, r3}}{\dot{G}_{13}} \right] \\ + \frac{1 - J_{n} J_{N1}}{\pi} \left\{ \sum_{l_{1}} \tilde{f}_{n1, r3} \left(1 - J_{13} \dot{e}_{n3} \right) \times \right] \\ \times \frac{\dot{C}_{N1, 13} + J_{n} J_{n4}}{\dot{G}_{13}} \left[\dot{n}_{1} \tilde{f}_{n1, r3} \left(J_{12} - \frac{\dot{G}_{N1} \dot{C}_{N2}}{\pi} \right) - \frac{1}{2} \right] \\ + \frac{1 - J_{n} J_{n1}}{2} \left\{ J_{n1} \tilde{f}_{n1, r3} \left(J_{12} - \frac{\dot{G}_{n1} \dot{C}_{n2}}{\varepsilon} \right) - \frac{1}{2} \right\} \\ \times \frac{\dot{C}_{N1, r3}}{\dot{G}_{13}} \left[J_{n1} \tilde{f}_{n1, r3} \left(J_{12} - \frac{\dot{G}_{n1} \dot{C}_{n2}}{\varepsilon} \right) - \frac{1}{2} \right] \\ + \frac{\dot{c}_{n1}} \frac{1 - J_{n} J_{n1}}{2} f_{n1, r3} \left(J_{12} - \frac{\dot{G}_{n1} \dot{C}_{n2}}{\varepsilon} \right) - \frac{1}{2} \right] \\ \times \frac{1 - J_{n} J_{n1}}}{2} f_{n1, r3} \left(J_{12} - \frac{\dot{G}_{n1} \dot{C}_{n2}}{\varepsilon} \right) + \frac{1 - J_{n} J_{n1}}}{f_{n1, r3}} \int_{n_{1}, r_{1}} f_{n1, r_{1}} \frac{1}{\dot{G}_{n1}} \left[\varepsilon \dot{T}_{n2} t_{n4} + \frac{1}{2} \left(J_{n1} - \frac{1}{c_{n1}} \right) \right] \right] \\ + \frac{1 - J_{n} J_{n1}}}{n_{n}} \int_{n_{1}, r_{2}} f_{n1, r_{1}} \frac{1 - J_{n} J_{n1}}{n_{n}}} \int_{n_{1}} \frac{1 - J_{n} J_{n1}}{n_{n}} \int_{n_{1}} \frac{1 - J_{n} J_{n1}}{n_{n}}} \\ \times \int_{n_{1}, r_{1}} f_{n1, r_{2}} \int_{n_{1}} \frac{1 - J_{n} J_{n1}}{n_{n}}} \int_{n_{1}, r_{2}} \frac{1 - J_{n} J_{n1}}{n_{n}}} \int_{n_{1}} \frac{1 - J_{n} J_{n1}}{n_{n}}} \\ + \left\{ J_{L1} + J_{10} \right\} \int_{n_{1}} \frac{1 - J_{n} J_{n1}}{n_{n}} \int_{n_{1}, r_{2}} \int_{n_{1}} \frac{1 - J_{n} J_{n1}}{n_{n}}} \int_{n_{1}, r_{2}} \frac{1 - J_{n} J_{n1}}{n_{n}}} \\ + \frac{1 - J_{n} J_{n1}}{n_{n}} \int_{n_{1}} \frac{1 - J_{n} J_{n1}}{n_{n}}} \int_{n_{1}, r_{2}} \int_{n_{1}} \frac{1 -$$

Целочисленные переменные n_1 , N_1 , n_2 , N_2 , l_1 , l_1 , l_3 , l_1 изме имотся от 1 до K, а $n_3 = 1, 2, ..., N$, $n_4 = 1, 2, ..., N_4$, $l_3 = 1, 2, ..., l_4$, $l_4 = 1, 2, ..., l_4$.

$$\begin{split} C_{N1, I3} &= \zeta f_{N1, I3} \left[\dot{D}_{I3} \frac{\sin(\beta_{N1} b_{\rho})}{\beta_{N1} b_{\rho}} - \dot{B}_{I3} \frac{\beta_{N1}}{a_{I3}} \frac{\cos(\beta_{N1} b_{\rho})}{\beta_{N1} b_{\rho}} - \dot{A}_{I3} \frac{1}{a_{I3} b_{\rho}} \right] + \\ &+ f_{N1, I4} \left[\dot{C}_{I3} T_{I1} \frac{\sin(\beta_{N1} b_{\rho})}{\beta_{N1} b_{\rho}} + \dot{B}_{I3} \frac{\beta_{N1}}{a_{I3}} \frac{\cos(\beta_{N1} b_{\rho})}{\beta_{N1} b_{\rho}} + \dot{A}_{I3} \frac{I.J_{N1}}{a_{I4} b_{\rho}} \right] \end{split}$$

$$\begin{split} D_{NL,24} &= \zeta f_{NL,15} \bigg[\tilde{E}_{15} \tilde{T}_{45} \frac{\sin (\beta_{NL} b_{p})}{\beta_{NL} b_{p}} - \tilde{A}_{15} \frac{\beta_{NL}}{a_{23}} \frac{\cos (\beta_{NL} b_{p})}{\beta_{NL} b_{p}} - \tilde{B}_{15} \frac{1}{a_{23} b_{p}} \bigg] + \\ &+ f_{NL,14} \bigg[-\tilde{E}_{15} \cdot T_{45} \frac{\sin (\beta_{NL} b_{p})}{\beta_{NL} b_{p}} + \tilde{A}_{45} \frac{\beta_{NL}}{a_{15}} \frac{\cos (\beta_{NL} b_{p})}{\beta_{NL} b_{p}} + \tilde{B}_{15} \frac{f_{JNL}}{a_{20} b_{p}} \bigg] \\ \bar{V}_{2} &= \tilde{W}_{A3} + \tilde{W}_{A4} \cdot \tilde{V}_{4} - J_{A5} \tilde{W}_{A3} + J_{JA4} \tilde{W}_{A4} \cdot \tilde{W}_{A4} \cdot \tilde{W}_{A4} \cdot \tilde{W}_{A5} + \frac{1}{2} \frac{f_{JNL}}{a_{20} b_{p}} \bigg] \\ \bar{V}_{2} &= \tilde{W}_{A3} + \tilde{W}_{A4} \cdot \tilde{V}_{4} - J_{A5} \tilde{W}_{A3} + J_{JA4} \tilde{W}_{A4} \cdot \tilde{W}_{A4} \cdot \tilde{W}_{A4} \cdot \tilde{W}_{A5} - \frac{2}{16\pi} \frac{1}{T_{15}} h_{25} \sum_{n} \tilde{p}_{n} \sum_{n} \tilde{p}_{n} \sum_{n} \tilde{p}_{n} \sum_{n} f_{n4,13} F_{n4,n4} (1 - J_{13} e_{n}) \cdot \tilde{W}_{A5} = -\frac{2}{16\pi} \frac{1}{T_{15}} h_{25} \sum_{n} \tilde{p}_{n} \sum_{n} \tilde{p}_{n} \sum_{n} f_{n4,13} F_{n4,n4} (1 - J_{13} e_{n}) \cdot \tilde{W}_{A5} = -\frac{2}{16\pi} \frac{1}{T_{15}} h_{25} \sum_{n} \tilde{p}_{n} \sum_{n} \tilde{p}_{n} \sum_{n} f_{n4,13} F_{n4,n4} (1 - J_{13} e_{n}) \cdot \tilde{W}_{A5} = -\frac{2}{16\pi} \frac{1}{T_{15}} h_{25} \sum_{n} \tilde{p}_{n} \sum_{n}$$

$$f_{ab} = \frac{\beta_{ab} \beta_{ab}}{\beta_{ab} + \beta_{ab}}, \qquad f_{ab} = \frac{\beta_{ab} \beta_$$

ВНИНК⇒

🔄 Ա. ԹԵՐՋՏԱՆ

6 XIL 1981

ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԳԱՇՏԸ ԵՎ ԿՈՔՈՒՍՏՆԵՐԸ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՄԵՔԵՆԱՅԻ ԲԱՑԱՀԱՏՏ ՔԵՎԵՌՆԵՐՈՎ ՀՈԾ ՌՈՏՈՐՈՒՄ

Ամփոփում

Գիտարկվում են սինխրոն մեջենայի ստատորի կամայական կարգի մա կերեսային Հոսանջի վաղող ալիջի էլեկտրամագնիսական դաշտի խնդրի լուծումը և կորուստները բացամայտ բևեռներով մոծ դոտորում։ Ռոտորն ունի Հաղորդիլ ծաձկուլք և միզբեեռային միջադիրներ, որոնք պատրաստված են մեկից բարձր Հարաբերական Բափանցելիություն և գրոյից տարբեր էլեկտրա-Հաղորդականություն ունեցող Նյութից։ Բերվում են կորուստների գրաֆիկական կափվածությունները՝ Հաշված ԷՀՄ-ով.

ЛИТЕРАТУРА

- Иванов-Смоленский Л. В. Электромагинтиме поля и процессы в электрических ма шинах и из физическое ходелирование. М. Энергия, 1969. 304 с.
- 2. Вольдек Л. И. Индукционные магинтогнародниомяческие машины с жваким галли ческим рабочим телом.— Л. Энергия, 1970.—272 с.
- 3. Неавов-Сиолевский А. В. Осилов А. Н. Вликиве зублатой структуры назора на потери но працияющеми влектропроволном слос.—Изв. АН СССР. Энерсстика и транспорт, 1971, № 3, с. 141—144.
- Земиким Б С Электроматнизами поля в электряческих манинах М.: МАН, 1976,— 80 с.
- Б. Изанов Смоленский А. В., Мнацаканны М. С. Анализический метод расчета магнитного поля в похлушном чезоре электрических машии с односторонней хубчатостики — Электричество, 1972, № 3, с. 57- 60.

арабараций аралагр. изграя XXXV, No 4, 1982 Серня технических изук

ГИДРАВЛИКА

Д. С. ТОРОСЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИХ КРИТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ

Процесс сепарирования различных жидких смесей в тарельчатых вентробежных сепараторах осуществляется при чрезвычайно сложной гидродинамической обстановке [1–4]. При этом результаты сспари рования существенно зависят от режима течения жидкости по межтарелочным пространствам Наиболее эффективное разделение осущестиляется при устойчивом ламинарном режиме. Однако, при определен вой производительности сепаратора в единицу времени резко нарушается эффективность разделения [5]. В связи с этим возникает необжодимость установить условие, при котором межтарслочный поток разделяемой жидкости теряет устойвность.

С помощью предложенных в литературе методами невозможнэ определить критический режим разделения жидких смессй в сепараторях, т. к. рекоменлуемые критерии устойчивости получены применитель но к однородной жидкости и полностью не отражают специфические всобенности процесса сепарирования.

Производительность сенаратора, при которой наступает резкое ухудшение процесса сепарирования, будем называть критической производительностью, величина которой V_{xp} , устанаяливается экспериментально с помощью построенного по данным опыта графика между ениплексом концентраций $\overline{C_0 - C_{\Phi}}$ и производительностью сепараторв V (здесь C_0 и C_0 — концентрации дисперсной фазы до и после сепарирования). Критический режим разделения наступает, когда резко нару-

влется линейная связь зависимости
$$\frac{C_0}{C_0 - C_{\phi}} = f(V)$$
 [5]. При критиче-

ском режиме сспарирования возникает пеустойчивость слоев неодноролной жидкой смеси и межтарелочных пространствах и пограничный слой теряет устойчивость.

Образовавшийся на поверхности тарелок сепаратора лограничный слой восит название слоя Экмана [1]. Запишем число Рейнольдса в слое Экмана в виде

$$\operatorname{Re}_{\mathcal{E}} = \frac{\nabla \cdot \hat{u}}{v}, \qquad (1)$$

где *v* — средняя скорость движення жидкости по межтарелочному пространству; δ — толщина пограничного слоя на поверхности тарелки; - кинематическая вязкость жидкости.

Толщина пограничного слоя определяется из уравнения [1]:

$$\delta \approx \sqrt{\frac{\pi}{\omega \cdot \sin x}}$$
 (2)

где « — угловая скорость вращения ротора сепаратора; « — угол наклона образующей тарелки к оси вращения.

Тогда число Рейнольдса в слое Экмана определится выражением

$$\operatorname{Re}_{\mathcal{E}} = \sqrt{\frac{\omega^{2}}{\nu \cdot \omega \sin \alpha}} \cdot \tag{3}$$

Подкоренное выражение (3) представим так:

$$\operatorname{Re}_{E} = \sqrt{\frac{v \cdot h}{v} \cdot \frac{v}{\omega \cdot r} \cdot \frac{r}{h \cdot \sin \alpha}}$$
(4)

Обозначни Re = $\frac{v \cdot h}{v}$ и s = $\frac{v}{w \cdot r}$ где Re – критерий Репнольдса для потока жидкой смеси, а s – критерий Россби [1]. h – расстояние между тарелками по нормали, r – средний радиус гарелки.

Представим зависимость (4) в виде

$$\operatorname{Re}_{-} = \sqrt{\operatorname{Re}_{-} \varepsilon_{-} \frac{1}{h \cdot \sin^{-}}}$$
(5)

Из (5) следует, что число Рейнольдса в слое Экмана определяется критерием Рейнольдса для потока разделяемой жидкой смеси, текущей по межтарелочному пространству, и критерием Россби, представляющим собой модифицированный критерий Фруда для поля центробежных сил инерции [1, 6]. При этом критерии Рейнольдса и Россби при моделировании могут быть и несовместимыми [6].

Окончательно выражение (3) запишем:

$$\operatorname{Re}_{r} = \sqrt{\frac{\pi^{2}}{\omega^{2}r^{2}}} \frac{\omega h^{2}}{\nu} \frac{r^{2}}{h^{2}\sin \alpha}$$

HJH

$$\operatorname{Re}_{E} = \sqrt{e^{2} \cdot E^{-1} \cdot \frac{r^{2}}{h^{2} \cdot \sin \alpha}}$$
(6)

где $E = \frac{v}{\omega \hbar^2}$ - критерий Экмана, который является основной характеристикой пограничных слоев жидкости в межгарелочном пространстве сепаратора.

Потоки жидкости в пограничных слоях межтарелочного прострая ства будут подобны при равенстве критериев Россби и Экмана. Однако и здесь критерии в и Е могут быть несовместимыми при протекании процесса сепарирования в модельном и натурном сепараторах. Из выражений (5) и (6) имеем:

$$\varepsilon = \operatorname{ke} E \cdot \Gamma, \tag{7}$$

где I = - критерий геометрического подобия.

Анализ критериального выражения (7) показывает, что при изменении угловой скорости нращения ротора сепаратора между критериями Рейнольдса и Экмана должиа существовать обратно пропорциональная зависимость. А при изменении количества межтарелочных пространств и геометрических размеров тарелок (при постоянной угловой скорости вращения ротора сепаратора) между критериями Рейнольдса и Россби должна существовать прямая пропорциональность.

С целью проверки вышеуказанных результатов нами были обработаны опытные данные, полученные при разделении суснензии азонигмента бордо "4Ж с содержанием дисперсной фазы $c_0 = 2,37^{\circ}/_{0}$ (вес.) на сепараторе SAOH-205 ($r = 3,7 \cdot 10^{-2}$ м, $a = 40^{\circ}$, z = 15 шт. и $h = 0.5 \cdot 10^{-2}$). Угловую скорость пращения изменяли в пределах (414 – 910) рад/с. В каждой серии опытов при постоянной угловой скорости вращения ротора изменяли производительность сепа ратора. Полученный экспериментальный материал обработали в соот ветствии с методикой [5]. По выявленным критическим производительпостям $V_{кр}$ определяли среднюю скорость течения жидкости в межтарелочном пространстве сепаратора по формуле:

$$v = \frac{V_{r}}{2 - r \cdot h \cdot z}$$
 (8)

гле z = количество межтарелочных пространств.

Полученные результаты приведены на рис. 1. откуда следует, что между критериями Рейнольдса и Экмана существует обратно пропоринональная зависимость, что подтверждает справедливость уравнения (7). При этом критерий Россби имеет значение с = 3,47 · 10⁻¹.

Аналогичным образом обработаны экспериментальные данные, полученные при сспарирования суспензии азопигмента бордо "4Ж" с содержанием дисперсной фазы в исходной смеси $c_0 = 0.13^{9}/_{0}$ (вес.) на сенараторе ОТ/ОР-230 при $\omega = 947 \ pad/c$ ($r = 4.65 \cdot 10^{-2}$ м, $x = 40^{\circ}$ и $h = 0.5 \cdot 10^{-4}$ м). Количество межтарелочных пространств при этом изменяли в каждой серии опытов: z = 5; 12; 16; 21: 28 и 35.

Из приведенных на рис. 2 данных следует, что между критериями Рейнольдса и Россби существует прямая пропорциональность в соотнетствии с выражением (7). Критерий Экмана при этом имеем значение $E = 4.2 \cdot 10^{-8}$.

Из полученных результатов следует, что критериальное уравне ние (7) описывает проиесс потери устойчивостя потока жидкой смеси

имежтарслочных пространствах сепаратора и с его помощью можно определить наибольшую производительность сепаратора, при которой возникает критический режим разделения.



Рис. 1. Зависимость между критериями Рейнольдса и Экмана, полученные при разделении суспенани азопнимента борло "1Ж" с Со. 2.37% (вес.) на сепараторе SAOH-205 при переменной угловой скорости вращения.



Рис. 2. Зависимость между критериями Рейнольдса и Россби, полученные при разделении суспензии лописмента бордо .4Ж⁻ с C_a 0,13% (*вес.*) на сепараторе ОТ/OP-230 ири различных количестнах межтарелочных пространств.

На рис. З приведены экспериментальные данные, где приведено также расчетное знячение V¹¹⁴⁴. Из рисунка следует, что опытные данные близко согласуются с расчетными.



Рис. 3. Зависимость симплекса конпентрации $\frac{C_o}{C}$ от производительпости V сепаратора SAOII-205 при ∞ 744 padle при разделении суспензии эзопигмента бордо .4Ж⁺ с C_n 2,37% (*вес.*)

По вышеуказанной методике рассчитаны при сепарировании суспензии каолина с $C_0 = 0.15^{\circ}/_{0}$ (*вес.*) и суспензии окиси магния с $C_0 = 10^{\circ}/_{0}$ (*об.*) по экспериментальным данным других авторов [5]. Для них получены следующие значения критерия Россби: каолина $\varepsilon = 1.78 \cdot 10^{-1}$ окиси магния $\varepsilon = 2.5 \cdot 10^{-1}$ Для суспензии каолина на сепараторе СЭР ($\omega = 520 \text{ раd/c}, r = 6.1 \cdot 10^{-2}$ и, $\alpha = 40^{\circ}$, $h = 0.5 \cdot 10^{-3}$ и и z = 51 шт.) расчетная критическая производительность оказалась равной $V_{\kappa p.}^{p,cv} = 55, 1 \cdot 10^{-n} \, \text{.e.s}/c$, что совпадает с ее экспериментальным значением.

Ленинаканский педагогический и-т им М. Налбандина

9. X11, 1981

2. ม. ตกคลบรณบ

ՋՏՄԱՆ ՊԲՈՑԵՍԻ ԿՐԻՏԻԿԱԿԱՆ ՌԵԺԻՄԸ ՊԱՅՄԱՆԱՎՈՐՈՂ ՊԱԲԱՄԵՏՐԵՐԻ ՀԵՏԱՉՈՏՈՒՄԸ

Ամփոփում

Հետազոտված է անհամասեռ հեղուկ խառնուրդի հոսքի կայունության կորստի առաջացման մեխանիզմը գտիչի միջափսեային տարածությունում։ է տրված, որ այդ դեպրում կորչում է էկմանյան շերտի կայունությունը ափսեի մակերևույթի վրա և զտման պրոցեսը դառնում է ոչ էֆեկտիվ։ Առաջարկվում է առնյություն, որի միջոցով որոշվում է դտիչի արտագրողականությունը։

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Соколов В. И. Центрифугирование. М. Химия, 1976. 408 с.
- Липатов И. И. Сенарирование в молочной промышленности М.: Пищевая промышленность, 1971.— 400 с.
- 3 Романков П. Г. Плюшкин С. А. Жидкостные сенвраторы: Л.: Машиностроение, 1976.— 256 с.
- 4. Бремер Г. И. Жидкостные сепараторы. М.: Машгиз, 1957.- 244 с.
- 5 Торосян Д. С. Экспериментальное исследование кратического режима процесса сепарирования. П.в. АН АрмССР (серия IH). 1982, т XXXV, № 1, с. 26—29.
- 6 Шкоропад Д. Е. Центрифуги для химических производств.—М.: Машиностроение, 1975,— 248 с.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԳԵՄԻԱՑԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկակա, դիտութ, որբիա

XXXV, № 4. 1982 Серин технических наук

ГИЛРАВЛИКА

Р. М. МИРЗАХАНЯН

ПНЕВМОТРАНСПОРТ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ в сплошном слое

В работе [1] описаны способы осуществления и расчета писамотранспорта сынучих материалов в плотном слое. При этом виде пневмотранспорта по трубопроводу движется двухфазная вэросмесь, состоящая из агрегатов твердых частии «поршней» и пузырей воздуха. В тех случаях, когда износ перемещаемого зеринстого материала недопустим (хрупкие катализаторы и др.), пневмотранспорт целесообразно осуществить в сплощном слое [2], в котором нет нузырей возлуха и частным движутся в непосредственном соприкосновении друг с другом. Пористость в движущегося слоя равиз пористости наирыхлого неподнижного слоя данного материала.

Настоящая статья посвящена вопросам осуществления и расчета пневмотранспорта зернистых сыпучих материалов (размерами частни 1-... 5 мм) в сплошном слое. Движушийся сплошной слой твердых частин получается в установке для пневмотранспорта в плотном слое [1] с инжней подачей материала и установлением на конце транспортной трубы ограничителя (рис.). Последний создает дополнительное сопротивление выходящему из транспортной трубы потоку таердых частин, и при определенном значения величины зазора h в трубе устанавливается пневмотранспорт в сплошном слое. Транспортная труба может быть постоянного (пилиндрическая груба, рис. а), переменного сечеяня (рис. 6) в ступенчатая (рис. в).

Независими от формы и направления транспортной трубы в элементарном ее участке длиной dl (ж) перспад давления dP определяется по уравнению

$$dP = dP_0 + dP_r + dP_r, \tag{1}$$

где dP₀ – перепад давления, при котором начинается пневмотранспорт, Па: dP, - потери давления на трение частиц о стенки трубы, Па; dP — потери давления на преодоление дополнительного сопротивления движения частиц, вызванного ограничителем. Па:

$$dP_0 = \Delta p_0 dl; \tag{2}$$

$$dP_{s} = \Delta p_{s} dl, \qquad (3)$$

где Δp_e — удельный перепад давления, при котором начинается пнев. нотранспорт, $\Pi a/m$; Δp_e — удельный дополнительный перепад давлеяни, $\Pi a/m$. Используя полученное в [1] выражение для определения dP_e , можно вместо уравнения (1) написать

$$\frac{dP}{dI} = \delta p_{\phi} + \frac{C g^{\mu\nu} \rho_{\tau} (1-\epsilon) \, \delta^{\mu\nu} \beta^{\mu} A}{\Phi D^{\mu\nu}} + \Delta p_{c} \,. \tag{4}$$

Показано [1], что dP определяется также по уравненню:



Рис. Схема пневмотранопортной установки.

В уравнениях (4) и (5): P, P_x давление в данном и конечном сечениях трубопровода, Πa : p_x — плотность твердых частиц, — плотность воздуха в конечном сечении трубопровода, u — скорость воздуха относительно движущихся частиц, рассчитанная на волное сечение трубы, m/c; u_{o_x} — скорость поздуха, при котором начинается пневмотранспорт в условиях конца транспортной трубы, m/c; μ — вязкость воздуха. $\Pi a \cdot c$; Φ — коэффициент формы частиц; ∂ — диачетр шара, эквивалентного по объему данной бесформенной частице, m; C — коэффициент: для вертикального потока C = 2,56, а для поризонтального — C = 2; g — ускорение силы тяжести, m/c; D — диачетр трубы, m; β — скорость движения частиц, m/c; z — показатель етепени, зависящей от критерия Архимеда:

$$Ar = \frac{g\partial^3 \rho_x(\rho_r - \rho_x)}{\mu^2}$$
 (6)

Показано [3], что при Ar < 10, z = 0; 10 < Ar < 6300, z = 0.0115; 6300 < Ar < 235500, z = 0.2455; Ar > 235500, z = 0.5.

Для вертикального потока и есть скорость начала псевдоожижения твердых частиц — и а для горизонтального потока скорость и_{ос} связана с и следующим уравнением [2]:

$$u_{0i} = 0.733 \, u_{0i} \,. \tag{7}$$

Для вертикального потока Δpa определяется по уравнению

$$\Delta p_0 = \rho_{\tau} (1 - \varepsilon) g. \tag{8}$$

а для горизонтального потока при использовании уравнения (5), а также $P_{\kappa} = P$, $u_{\kappa} = u = u_{0r}$ и $dP/dl = \Delta p_{0}$;

$$\Delta p_{\theta} = \frac{137.59 \left(1-\varepsilon\right)^2 u_{0r} \mu}{\varepsilon^3 \Phi^2 \partial^2} + \frac{1.755 \left(1-\varepsilon\right) \rho_{\kappa} u_{0r}^2}{\varepsilon^3 \Phi \partial} - \tag{9}$$

Скорость движения частиц в определяется по уравнению:

$$\beta = \frac{4G}{\pi D^2 \rho_{\tau} (1 - \epsilon)}, \qquad (10)$$

где G — массовый расход твердых частиц, кг/с,

а скорость и —

$$u = (w - 2)$$
 (11)

где *w* скорость воздуха в порах между частицами движущегося слоя, относительно неподвижных стенок трубы, *м/с*

В общем случае w связана с этой же скоростью в конце грубы w, уравнением

$$wD^* e = w_* D^* e_* \tag{12}$$

Здесь $D, D_x - днаметры данного и конечного сечений трубы,$ *м* $(в цилиндрической трубе <math>D = D_x$). Плотность воздуха в данном сечении грубы р ($\kappa z/m^3$) связана с р. уравнением

$$p P_{\mu} = p_{\mu} P. \tag{13}$$

Совместное решение уравнений (10)—(13) дает выражение для определения переменного по плине трубы скорости и:

$$u = \frac{P_x w_v D_x^2 \varepsilon}{P D^2} - \frac{4G \varepsilon}{\pi D^2 \varphi_x (1 - \varepsilon)}$$
(14)

Вышеприведенные формулы общие для всех трех форм транспорт ных труб. Покажем отдельно принципы расчета транспортной трубы каждой формы.

Цилиндрическую трубу целесоюбразно применять при небольших расстояниях транспортирования L. Расчет таких труб производится из условия отсутствия влияния ограничителя на общие потери давления в начале трубы, т. с. из условия dP, 0. Тогда в начальном сечении трубы общие потери давления будут:

$$dP = dP_0 + dP_1. \tag{15}$$

В остальных сечениях трубовровода общие потери давления определяются уравнением (1). Расчет цилиндрической трубы нроводится следующим образом. Сначала определяется общий перенад давления на единицу длины в начале транспортной трубы Δp_{μ} по уравнению, полученному из (4), при $\Delta p_{c} = 0$ и $dP/dI = \Delta p_{-}$:

$$\Delta p_{s} = \Delta p_{0} \frac{1}{\tau} \cdot \frac{Cg^{0.8} \rho_{\tau} (1-\epsilon) \partial^{0.3} \beta^{0.4}}{\Phi D^{0.3}}$$
(16)

В расчетном дифференциальном уравнении (5) перемешными являются P и l. Решая это уравнение, с учетом (14), одним из численных методов на ЭВМ и интегрируя его в пределах l от 0 до L и P от P до P_{μ} , находим давление в начале транспортной трубы P_{μ} . Величина скорости частиц 3 выбирается (рекомендуется $\beta \leq 2 \kappa/c$), а диаметр трубы определяется по уравнению (10). Все остальные параметры в уравнениях (5) и (14) известны, кроме . Оптимальное значение соответствует условию $dP_c = 0$ в начале транспортной трубы. Для нескольких выбранных спачений по уравнению (5) определяются значения P_{μ} , в затем значения Δp_{μ} по следующему уравнению, полученному из (5) и (14) при $P = P_{\mu}$ и $dP/dI = \Delta p_{\mu}$:

$$\Delta p_{ii} = \frac{137.59 \,(1-\epsilon)^2 \,u_i \,P_{x} \,u}{\epsilon^2 \,\Phi^2 \,\partial^2 \,P^2} + \frac{1.755 \,(1-\epsilon) \,u_{0x}^{0.25} \,p_x \,P_{ii}^{-4}}{P_x^{1-2/4} \,\epsilon^2 \,\Phi \,\partial}$$

$$\times \left(\frac{P_{\pi}w_{\pi}D^{2}\varepsilon}{T_{W}D^{2}} - \frac{4G\varepsilon}{\pi D^{2}\rho_{\pi}(1-\varepsilon)}\right)^{1.75}$$
(17)

Оптимальное значение P₁ соответствует такому w₁, при котором величины Δp₁, определенные по уравнениям (17) и (16), равны. Расход воздуха в условиях конца транспортной трубы Q₁ определяется уравнением

$$Q_{\mu} = 0.785 D^2 w_{\mu} \epsilon. \tag{18}$$

Расчетные данные пневмотранспорта сферических частиц алюмосиликатного катализатора ($\sigma = 3.25 \text{ мм}$, $\rho_{\pi} = 1260 \text{ кг/m}^2$, $\epsilon = 0.437$, $\Phi = 1$) по цилиндрической трубе приведены в таблице. Другие параметры, входящие в расчетные уравнения: $P_x = 90600 \text{ Г/a: } u_{0x} = u_{0n} = 1.22 \text{ м/c}$: $u_{0x} = u_{0r} = 0.894 \text{ м/c}$; $\rho_x = 1.079 \text{ кг/m}^3$; $\mu = 0.018 \cdot 10^{-3} \text{ Г/a} \cdot c$; $z = 0.5 (Ar = 1.4 \cdot 10^6)$.

Как показано в [2], нанлучшие условия пневмотранепорта и сплошном слое можно создавать в трубе переменного сечения, рассчитанной так, чтобы по всей ее длине имело место условие $dP_e = 0$. Профиль такой трубы, а также изменение давления по ее длине можно определить совместным решением системы уравнений (4) и (5) (при $\Delta P_e = 0$). Результаты расчетов при $D_e = 60$ мм приведены в таблице

38

1. Мирзаханям Р. М., Аколям Р. Е., Даншелям Н. Х. Пиевмотранскорт сыпучих матерналов в плотном слое.-- Изя. АН АрмССР (сер. IH), 1978. т. XXXI, N 1, c. 27-33.

ЛИТЕРАТУРА

- 2. Мирзахания Р. М., Гаспария А. М. Пневмотранспорт крупнозернистых материалов в плотном слое.— Изв. АН АрмССР (сер. ТН), 1968, т XXI, № 3, с. 3-7.
- 3. Мирзаханян Р. М. О скорости полного иссидоожнжения сынучих материалов.--Ары. хим. журнал, 1980, т. 33, № 7, с. 535-539.

նկարադրված է հատիկավոր սորուն նյուների հոծ շերտով պնևմոփոխաղըման իրականացման եղանակ՝ հաստատուն և փոփոխական կտրվածը ունեցող, ինչպես նաև ասաիճանարար փոփոխվող տրամագծով տրանսպորտային խողովակներով։ Առաջարկված բանաձևերի ճշտությունը ստուգված Լ ալյումոսիլիկատային զնդիկների պնեմոփոխադրման հաշվային և փորձնա-

Ամփոփում

Все рассчитанные трубы были изготовлены и испытаны. Сравнение варнантов показывает, что нараметры трубы переменного сечения и ступенчатой трубы мало отличаются друг от друга и поэтому ча практике можно применять ступенчатую трубу, изготовление которой легче.

Ступенчатая труба, 3 D. -31,95 M.M. D. =52,55 M.M. 285 4436 279.8

Расчетные данные Опытные данные Форма транспортной трубы P_{μ} , $\kappa\Pi a = Q_{\mu}$, $cM^{2}ie^{-1}$, $\kappa\Pi a = Q_{\mu}$, $cM^{2}ie^{-1}$

 $(G = 0.4 \ \kappa c/c, \ L_c = 10 \ M, \ L_c = 5 \ M)$

Длины и днаметры ступеней ступенчатой трубы можно установить, ямся профиль трубы переменного сечения. Расчет каждой ступени преизводится отдельно, начиная с конца транспортной трубы, по формулам (5), (16), (17). Расчетные данные при $L_1 = 5 \, m$, $L_2 = 5 \, m$, $L_3 = 5 \, m$, $L_4 = 5 \, m$, $L_5 =$ D₁ = 52,55 мм, D₂ = 47.03 мл. D₃ = 34.95 мм привелены в таблице.

4360

392.5

241,9

9250

4084

386.7

235.1

ЕрПИ ны. К Маркса

կան տվյալների Համեմատմամը։

Цилиндрическая труба, D-52 мм

Труба переменного сечения.

 $D_{\mu} = 34,95$.M.H. $D_{\nu} = 60$ H.H.

Ne.

1

2

Ռ. Մ. ՄԻՐԶԱԽԱՆՏԱՆ

ՀԱՏԻԿԱՎՈՐ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՀՈԾ ՇԵՐՏՈՎ ՊՆԵՎՄՈՓՈԽԱԳՐՈՒՄԸ

7 VII. 1980

Таблица Расчетные и опытные данные пнеимотранспорта алюмосиликатных шариков

9200

20.340.40.5 902 ЭРЗЛРИЗНИСЬИИ ЦАЦЧЕЙИСЬ БОДИЦЭР ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Selvehijudua арманр. истри XXXV, No 4, 1982 Серня технических наух

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Э. А. ДЖАНГУЛЯН

СОПРОТИВЛЕНИЕ РЕЗАНИЮ ГРУПТА КРИВОЛИНЕИНЫМ РЕЖУЩИМ ЛЕЗВИЕМ

Рассмотрение процесса резания в данной работе базируется на закономерностях статики сыпучей среды, обладающей сцеплением, разработанных и сформулированных в теоретических концепциях проф. Артемьева К. А., проф. Баловнева В. И., проф. Ветрова Ю. А

На рисунке I изображена схема взаимодействия режущего лезвия с грунтом.

В процессе резания грунта при движении режущего лезния по направлению, отмеченной стрелкой А, на элементарную площадку со сторонами dy_a , dS действуют нор-

ронами dy_0 , dS деяствуют пормальная dN и касательная dT си лы — составляющие полного сопротивления dP_0 , равные

 $dN = \exists dy_0 dS, \quad dT = \exists dy_0 dS,$

где э, т — нормальное и касательное напряжения грунта на рабочей поверхности лезвия.

Усилие *dP*₀, действующее на данную площадку, равно:

$$dP_0 = \frac{dN}{\cos p_0} = \frac{s}{\cos p_0} dy_0 dS.$$



Рис. 1. Схема взаимолействия криволннейного режущего лезвия с грунтом.

а горизонтальная составляющая этой силы dP_{in}

$$dP_{01} = dP_0 \cos \theta = \frac{\cos \theta}{\cos \rho_0} = dy_0 dS.$$

Согласно принятым на схеме обозначениям:

$$dy_0 = \frac{dy}{\sin a}; \qquad 0 + p_0 = 90^\circ - a$$

тогда

$$dP_{01} = \frac{\cos\theta}{\cos\rho_0 \sin a} a \, dy \, dS. \tag{1}$$

После преобразованый выражение (1) примез следующий вид:

$$dP_{\mathbf{e}_1} = (1 + \operatorname{ctg} a \operatorname{tg} p_0) \circ dy dS.$$

Обозначив (1 + ctg a tg p₀) через η, сопротивление резанию определяют формулой:

$$P_{o_1} = \tau_1 \int_{c}^{R_{o_1}} \sigma dy \int_{c}^{L} dS.$$

Нормальное напряжение о с достаточной точностью [1, 2] можно вычислить по формуле:

$$\mathbf{z} = A(\gamma \mathbf{y} + P_{\alpha} + K \operatorname{ctg} \boldsymbol{p}) - K \operatorname{ctg} \boldsymbol{p}.$$

тогда

$$P_{01} = \eta \left[A \left(\frac{z y^2}{2} - P_0 y + y K \operatorname{ctg}_V \right) - y K \operatorname{ctg}_P \right] \int_0^R \int_0^R dS.$$
(2)

Выражая элементарную длину кривой dS через dx, dy, получаем:

$$dS = V (dx)^{2} + (dy)^{2} = V + y^{*} dx;$$

$$y = R - V \overline{R^{2} - (x - R)^{2}}; \quad Y' = \frac{x - R}{V R^{2} - (x - R)^{2}};$$



Рис. 2. График записимости сопротивления резанию – ок колщины груптовой стружки С: $I - R = 9 \text{ с.м.}; R_0 = 3 \text{ с.м.}; 2 - R - 8 \text{ с.м.}; R_0 = 3 \text{ с.м.}; 3 - R = 7 \text{ с.м.}; R_0 = 3 \text{ с.м.}; 4 - R = 6 \text{ с.м.}; R_0 = 3 \text{ с.м.}; 5 - R = 5 \text{ с.м.}; R_0 = 3 \text{ с.м.};$

Решив уравнение (2) с соответствующими преобразованиями, окончательно получим:

$$P_{q_3} = \tau_1 (R - R_0) R A_0 \left[\frac{\tau_1 (R - R_0)}{2} + P_0 + \left(1 - \frac{1}{A_0}\right) K \operatorname{ctg} \rho \left[\arccos \left(1 + \frac{\pi}{2}\right) \right] \right]$$
(3)

Здесь $A_0 = A4$, b = 1.45 коэффициент, учитывающий пространственность процесса и то, что резание производится острым ножом с углом резания, отличным от 45'; $\varepsilon = \arcsin \frac{1}{(R_0 - R_0)^2 - R}$; $P_0 = K_0 \gamma C_1 - давление вышележащих слоев грунта. <math>\kappa c/cM^2$: $K_0 \approx \frac{1 - \sin p}{1 + \sin p}$; $C_1 - средняя толшина грунтовой стружки, которая для рассматриваемой геомотрии определяется следующим образом:$

$$C_{1} = \frac{1}{R} \int_{0}^{C} \sqrt{R^{2} - y^{2}} \, dy = \frac{1}{R} \left[0.5 \, C \, \sqrt{R^{2} - C^{2}} + \frac{R^{2}}{2} \arcsin \frac{C}{R} \right].$$

Определение величины P_{01} по выражению (3) доводится до численных решений, характеризуемых следующими данными: $\rho = 30^{\circ}$, $\rho_0 = 26^{\circ}$, $\alpha = 30^{\circ}$ — соответственно, углы внутреннего трения грунта, трения грунта о лезвие и резания; $K = 0.4 \kappa zc/cm^2$ — коэффициент сцепления грунта: $\gamma = 0.02 \kappa z/cm^2$ — объемная масса грунта; A = 1.46 коэффициент, зависящий от ρ . ρ_0 , z; R, R_0 — радиусы кривизны режущей кромки и на выходе.

На рис. 2 представлены зависимости $P_{01} = f(C)$.

На основании соответствия теоретических данных, вычисленных на ЭВМ «НАИРИ-2», с результатами экспериментальных исследований подтверждено, что из числа существующих методик расчета сил сопротивления резанию грунтов криволинейным режущим лезиием наибозее достоверные результаты дают расчетные схемы, основанные на теории предельных состояний грунтов.

ЕФ ЦМИПКС

20. V 1982

ЛИТЕРАТУРА

- I. Артемьев К. Л. Основы теории копания групта скреперами.— М.: Машгил, 1963.— 126 с.
- 2 Ветров Ю. А. Сопротивление груптов резанию Киев: Илд-во Киевского универс., 1962. 78 с.

ЦАЗИЦИИС ИИ2 ЭРЗАРРЗАРЪЪЕРЬ ЦИИЛЬИРЦАР БОДВИЦРИ ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ ИЛУК АРМЯНСКОЯ ССР

анданы артана whether XXXV, No 4, 1982 Серня технических ная

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

х а навоян, в х. навоян

ФИЛЬТРАЦИЯ ВОДЫ ЧЕРЕЗ ТЕЛО ОДНОРОДНОЯ ЗЕМЛЯНОЕ ПЛОТИНЫ НА НЕВОДОПРОНИЦАЕМОМ ОСНОВАНИИ

Ось уу проводим через точку высачивания депрессионной кривой и направляем вертикально вверх, а ось хх совмещаем с подошвой плотины (рис) и направляем против фильтрационного потока. Уравнение Дарси для данного случая можно представить в виде

$$v = kJ = k\frac{dy}{dx}$$
 (1)

з удельный фильтрационный расход —



Рис. Расчетная схема.

После интегрирования, имся в виду, что при x = 0, $y = y_0$, получаем уравнение депрессионной кривой

$$\frac{q}{k} = \frac{y^2 - y_0^2}{2x}$$
 (2)

Подставляя в (2) $x = S_0 - m_0 y_0$ и y = h (рис.), находим:

$$\frac{q}{k} = \frac{h - y_0}{2(s_0 - m_2 y_0)},$$
(3)

$$s_0 = m_1 d - b + m_2 H_{ns}. \tag{4}$$

Если откосы плотины имеют ломанное очертание и на них имеются бермы, то значение с определяется по чертежу, а в остальных формулах за *m*, принимается его значение у гребия, а за *m*. - у подошвы откоса.

Известно, что в точке высачивания депрессионной кривой *D* линия низового откоса является касательной к кривой депресии, и точке *D* будем иметь:

$$\frac{dy}{dx} = \lg \theta_z = \frac{1}{m_z}$$
 (5)

Из (2) и (3) следует, что

$$y^{2} = y_{0}^{2} + \frac{h^{2} - y_{0}^{2}}{s_{0} - m_{2}y_{0}}$$
 (6)

которое также является уравнением депрессионной кривой. Дифференцируя (6), находим:

$$2y \frac{dy}{dx} = \frac{h^2 - y_0^2}{s_0 - m_2 y_0}$$
(7)

и подставляя в (7) $y = y_0; \quad \frac{dy}{dx} = \frac{1}{m_1}$, получим уравнение

$$y_0^2 - \frac{2s_0}{m_0} h_0 + h^2 = 0.$$
 (8)

После простых преобразования из (8) получим:

$$\frac{y_0}{m_2} = \frac{h^* - y_0^*}{2(s_0 - m_2 y_0)}$$
(9)

н солоставляя (3), (9), находим:

$$\frac{q}{k} = \frac{y_0}{m_1}$$
 (10)

Согласно [1]:

$$\frac{q}{R} = \beta \left(l f_1 - h \right). \tag{11}$$

где

$$\beta = 1, 12 + \frac{1.93}{m_1} \tag{12}$$

Совместно решая (9)—(11), получим следующее квадратное уравпенне относительно у₀

$$y^2 - 2py_0 + t = 0, \tag{13}$$

43

где

откуда

где

$$y_0 = p - p^2 - t.$$

$$P = \frac{\beta m_{*} (H_{1} + \beta s_{0})}{1 + (\beta m_{2})^{2}},$$
 (14)

$$I = \frac{(\beta \cdot m_2 H_1)^2}{1 + (\beta m_2)^2}$$
(15)

Таким образом получено гидромеханическое решение задачи, которое положительно отличается от существующих.

Пример. Даны: $H_{ns} = 50 \text{ м}$; $H_1 = 47 \text{ м}$; $d = H_{ns} - H_1 = 3 \text{ м}$; $m_1 = 3 \text{ м}$; $m_2 = 2 \text{ M}$; b = 10 M. Требуется определить у₀, удельный фильтрационный расход и уравнение депресионной кривой.

Согласно (12), (4), (14), (15), (13) и (10): = 1,76; $s_0 = 119$ и; p = 67,2; t = 2040; $y_0^1 = 17,4$ и; $\frac{q}{k} = 8,7$ м.

Подставляя числовые значения в (2), получим уравнение депрессионной кривой

$$y = \frac{1}{17.4(17.4 + x)}$$

которая приведена на рис.

Арм. сель хоз. инст.

2. X11. 1981

ЛИТЕРАТУРА

Гришин М. М. Гидрогехнические сооружения - М. Госстройнэдат, 1962 - 320 с.

ՄԵՐԵՆԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ

U,	Π,	Հատությունյուն, Կ. Դ. Սահփանյան, Ֆ. Ս. Ջազյան։ Կարգավորվող կանգառի	
		անկյունով ատամնա-լծակային մեխանիզմի է է է է է է է է է է է է է է է է է է է	- 3
F.	φ,	Ատակյան, Ն. Ս. Իսախանյան։ Հայր վոր միացումենթի ցեկյային ամրությունն	
		ns hplaupunlingnabp	8
۹.	1,.	Գողիլյան։ Սկղժնական Հոսրի վերլուծությունը՝ դարձափոխումոմ արտաձգման	
		spregbuh hujad haiji Sudup hipundudp	1 <i>G</i>

ելնկչքԱՏնխъրկԱ

4. 9.	թերգյան։	tiphopudwalloudad	quimp	ħ.	4-1-14-14-14-16	re l	likhwp.	u y ni si	JAph	w]k	pm-	
	guiluija	phabhpad ind numaps	ud -									21

20100041048

ર. ૫	Paraojuu:	2 mil wit	ченовир	hel	որկական	abdfile	កម្មរបត្រ	iken fabuar	ntentan	Sharphy	ili -	
	Champana	de .				• •				ø		25

ዓኮՏԱԿԱՆ ՆበምԵቦ

¥	4.	Զնանգուլյան։	Կորագծային	hanny nu	Ipad Sagh	4mp Jul	ղիմադրութ	រចរងក្រ .	9
h.	U.	Նավոյուն, Վ.	և, Նավոյաս։	2ph dou	abynulp wł	հջրա <i>թափա</i>	եց Հիմեաս	undh dru	1
		gmbilng Suiden	uta sagasfib	պատվարի	Jundbrid				. 42

СОДЕРЖАНИЕ

CTP.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Ċ.	C	Арутюнян, К. Г. Степанян. Ф. С. Зазян. Снатез зубчато рычажного меса-	
		пизма с регулируемым углом выстоя	- 3
М	T_{i}	Стакян, Н. С. Исаханян Циклическая прачность и долговечность шпоноч-	
		ного соединения	8
Г.	Л.	. Гродилян. Анализ начального течения применительно 🖉 стационарной ста-	
		дни процесса реверсивной вытяжки .	16

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

А.	А.	Терзян. Электр	омагнятиое	кое поле і		и подери в в		RDHO	вонополюсном		массивном		po-	
		торе электричеса	кой машин	ы.,	+		•				•			21

ГИДРАВЛИКА

Д.	С.	Торосян	Исследование	парамет	poe,	oбу-ла	ab'i'illiag	ощих	критич	еский	режи	м	
		процесса	сепарярования										-29
P .	М.	Мирзаха	кяя. Писвмотр	анспорт	зерн	нстых	матери	(2.708	a ca.30	шном	слое		34

научные заметки

Э,	A_{i}	Джангу.	лян	. 0	Совротни	влени	e pe	зания	о гр	унта	крив	олинеі	មែសស	реж	ущя	м	
		лезвием						*			-		4				39
X.	A.	Навоян,	B .	Х.	Навоян	, Фи	льтра	кня	воды	через	тело	одној	одной	·CM	ляно	эй	
		плотниы	Ha	He	возопро	яяца	ыом	осно	ванны	L .					-		42

The Description of Allowants of Allowing

ky.