

Рис. 3. Зависимость среднего времени пребывания автомобиля в очереди от требуемого расчетного количества постов и фактического количества постов в зоне ТО

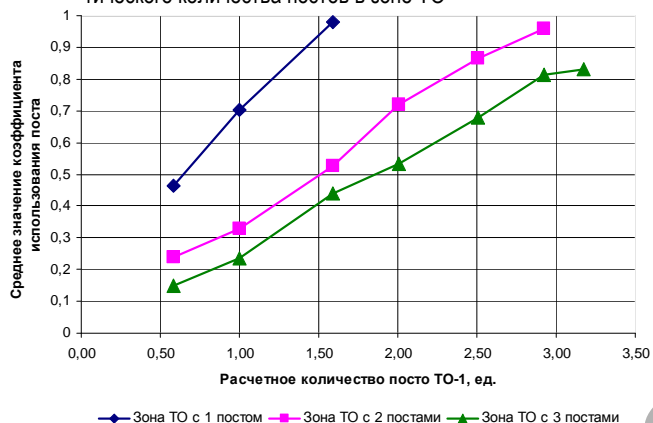


Рис. 4. Зависимость среднего значения коэффициентов использования постов ТО-1 от требуемого расчетного количества постов и фактического количества постов в зоне ТО

Количество обслуживаний за время моделирования незначительно отличается от годового количества ТО-1, определенного по типовой методике технологического расчета (см. табл. 3), что подтверждает соответствие выбранной модели реальной системе.

Заключение. Проведенный анализ методик моделирования средств обслуживания автомобилей позволяет рекомендовать для моделирования и оптимизации структуры зоны ТО автотранспортно-

MONTIK S.V. The analysis of techniques of simulation of automobile service

Techniques of simulation of the automobile service, which grounded on queueing theory and a simulation modelling with system GPSS World use are considered. It is offered for simulation and optimisation of a zone of maintenance service of the enterprise of motor transport to use the simulation model of the closed multi-channel system of a queueing with the elementary streams.

УДК 546.62:620.193.4

Строкач П.П., Яловая Н.П., Басов С.В., Халецкий В.А., Головач А.П.

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ АЛЮМИНИЙСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВОВ ПРИ ПОЛНОМ И ПЕРЕМЕННОМ ПОГРУЖЕНИИ В ПИРОФОСФАТНЫЙ ЭЛЕКТРОЛИТ

Введение. Алюминий и алюминийсодержащие сплавы по масштабам производства и применения в промышленности занимают одно из первых мест. Одно из самых важных свойств алюминийсодержащих сплавов – это высокая коррозионная стойкость, которая примерно в 20 раз превышает стойкость стали, что объясняется

го предприятия имитационные модели функционирования зоны ТО, как замкнутой многоканальной СМО с простейшими потоками.

Использование таких моделей дает возможность определить все необходимые данные для нахождения оптимального количества постов зоны ТО по критерию минимальных суммарных затрат на содержание производственного подразделения и потери прибыли от простоя автомобилей при выполнении проектирования или реконструкции автотранспортных предприятий.

Разработанные имитационные модели используются студентами специальности 1 – 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» для оптимизации структуры зоны ТО АТП при выполнении курсовой работы по дисциплине «Основы научных исследований и инновационной деятельности» и дипломного проекта.

Таблица 3. Количество выполненных обслуживаний ТО-1 за время моделирования

Расчетное число постов ТО-1	0,59	1,00	1,59	2,01	2,51	2,93	3,18
По технологическому расчету	188	292	468	594	761	883	959
Зона ТО с 1 постом	165	259	-	-	-	-	-
Зона ТО с 2 постами	169	255	411	540	667	-	-
Зона ТО с 3 постами	164	264	460	573	743	862	903

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения: ТКП 248-2010 (02190). – Мн.: РУП «БелНИИТ «Транстехника», 2010. – 44 с.
2. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта: ОНТП-01-91. – М.: Росавтотранс, 1991.
3. Напольский, Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания: учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
4. Проектирование предприятий автомобильного транспорта: учебник / М.М. Болбас, Н.М. Капустин, А.С. Савич [и др.]; под ред. М.М. Болбаса – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2004. – 528 с.
5. Кудрявцев, Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 320 с.: ил.
6. Вентцель, Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1988. – 208 с.

Материал поступил в редакцию 30.09.11

Строкач Петр Павлович, к.т.н., профессор кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Яловая Наталья Петровна, к.т.н., доцент, директор института повышения квалификации и переподготовки кадров Брестского государственного технического университета.

Басов Сергей Владимирович, к.т.н., доцент, зав. кафедрой инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Халецкий Виталий Анатольевич, доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Головач Анна Петровна, доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

образованием на поверхности сплава высокопрочной пленки оксида алюминия толщиной в сотые доли микрона. Эта пленка надежно сохраняет металл от дальнейшего окисления. Наибольшей антикоррозийной стойкостью обладает чистый алюминий; затем следуют алюминийсодержащие сплавы с магнием; марганцем и другие сплавы, не содержащие медь. На алюминийсодержащих сплавах оксидные пленки несплошные, так как содержат частицы посторонних металлов, способных ускорять коррозионные процессы [1].

Алюминий подвержен следующим видам коррозии: равномерной, сквозной, межкристаллитной (особенно в сплавах Al-Cu), коррозионной усталости (при нагрузке в коррозионной среде), послойной (в сплавах с медью и магнием) и контактной (в контакте с более благородными металлами при наличии агрессивной среды).

Известно, что алюминий и алюминийсодержащие сплавы подвергаются коррозионному разрушению в результате общего растворения, питтинга, межкристаллитной коррозии, коррозии под напряжением, расслаивающейся коррозии. Вид коррозионного разрушения определяется составом алюминиевого сплава, зависит от состава коррозионной среды и условий эксплуатации. Значительное влияние на характер коррозионного разрушения оказывает pH коррозионно-активной среды. Особенно опасно возникновение электрохимических процессов в местах контакта алюминия с другими металлами, например со сталью.

Легированные присадки меди, кремния, марганца, никеля, кобальта и железа снижают коррозионную стойкость алюминия, хотя и значительно улучшают его механические свойства. Водород увеличивает пористость алюминия, а присадки магния, наоборот, улучшают его коррозионную стойкость в растворах щелочей и хлоридов. В растворах хлоридов и бромидов пленка на алюминии не является стабильной. При сдвиге его потенциала в сторону положительных значений быстро наступает резкое увеличение тока, соответствующее пробое пленки; пробой наступает при $0,1 \text{ г-ион/дм}^3$ и $\text{pH} = 1 \div 2$. Стационарные потенциалы алюминия и его сплавов при увеличении pH морской воды сдвигаются в сторону отрицательных значений (например, при $\text{pH} = 8 \div 8,5$ смещение составляет 300-700 мВ). Это явление в значительной степени влияет на процессы коррозии. Так, потеря массы для ЦАМ через 6 мес. составляет $26,75 \text{ г/м}^2$, а для АМГ-5 соответственно $27,02 \text{ г/м}^2$ (при натурном испытании в море) [3, 4].

Процессы коррозии необратимы и часто приводят к отказам различных машин и аппаратов, металлоконструкций, поэтому их необходимо обнаруживать на ранних стадиях, давать количественную оценку коррозионного повреждения, прогнозировать опасность развития в случае непринятия мер по усилению коррозионной защиты. Установление причин коррозионного разрушения позволяет правильно выбрать метод защиты.

Целью исследований коррозионной стойкости алюминийсодержащих сплавов является не только определение долговечности сплавов в определенных условиях, но и раскрытие механизма коррозионного процесса, который может быть электрохимическим, химическим или смешанным, а также изучение влияния на коррозионную стойкость алюминия и алюминийсодержащих сплавов внутренних (структура, состав сплава, состояние поверхности, наличие внутренних напряжений и др.) и внешних (состав коррозионной среды, скорость ее движения, температура, давление и др.) факторов.

Методика эксперимента. В настоящей работе представлены результаты исследования коррозионной стойкости алюминийсодержащих сплавов (АМГ и ЦАМ) в пиррофосфатном электролите в присутствии ультрадисперсных частиц оксида кремния (IV) и без него. Выбор данного электролита обусловлен его применением в ряде случаев электрохимического осаждения меди на различные материалы, а также близостью его среды к нейтральной ($\text{pH} = 7,5 \div 8,9$).

Целью исследования являлось исследование влияния ультрадисперсных частиц оксида кремния (IV) на коррозионную стойкость алюминийсодержащих сплавов при постоянном и переменном погружении образцов в пиррофосфатный электролит при температуре 20°C .

Для проведения исследования готовился электролит следующего состава:

- пиррофосфат калия ($\text{K}_2\text{P}_2\text{O}_7$) — 200 г/дм^3 ;
- сульфосалицилат натрия ($\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_6\text{SNa}$) — 20 г/дм^3 ;
- медный купорос ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) — 40 г/дм^3 ;
- оксид кремния (SiO_2) — 1 г/дм^3 .

Все компоненты электролита растворялись в дистиллированной воде при постоянном перемешивании, после чего последовательно

смешивались в указанном порядке. Затем, при постоянном перемешивании, добавлялась дистиллированная вода до необходимого объема. Навеска оксида кремния (IV) для обеспечения равномерного распределения частиц в объеме электролита вводилась в смесь при включенной мешалке перед погружением образцов.

Подготовка поверхности образцов алюминийсодержащих сплавов включала обезжиривание их поверхности ацетоном с последующим промыванием в дистиллированной воде; взвешивание на лабораторных электронных весах OHAUS PIONEER PA214C с погрешностью $\pm 0,0001 \text{ г}$ и травление, необходимое для удаления оксидной пленки, в течение 10 секунд при температуре 70°C в растворе следующего состава:

- гидроксид натрия (NaOH) — 10 г/дм^3 ;
- нитрат натрия (NaNO_3) — 5 г/дм^3 ;
- карбонат натрия (Na_2CO_3) — 12 г/дм^3 .

После травления образцы тщательно промывались в дистиллированной воде и сразу погружались в электролит.

По окончании заданного времени коррозионного испытания с поверхности образцов удалялись продукты коррозии химическим методом по ГОСТ 9.907 в растворе азотной кислоты ($300 \text{ см}^3 \text{ HNO}_3$ плотностью $\rho = 1,41 \text{ г/см}^3$ на 1 дм^3 раствора) в течение 10 минут при температуре $18 \div 20^\circ\text{C}$. Затем образцы промывались дистиллированной водой, высушивались и взвешивались.

Результаты испытаний при полном погружении в электролит. В соответствии с ГОСТом [2] коррозионные испытания проводились при полном погружении в электролит с добавлением пероксида водорода в емкости вместимостью 3000 дм^3 при постоянном перемешивании. При этом объем электролита составлял 10 см^3 на 1 см^2 поверхности образца. Исследуемые образцы алюминийсодержащих сплавов ЦАМ и АМГ находились в двух различных емкостях в течение 90 сут. при температуре электролита 20°C . В испытательный раствор один раз в пять дней добавляли $0,1\%$ раствор пероксида водорода. В течение испытаний, по мере загрязнения раствора продуктами коррозии (помутнение, выпадение осадка) электролит заменялся на новый. Одновременно проводились испытания образцов в электролите, содержащем ультрадисперсные частицы оксида кремния (IV), и без SiO_2 .

Оценка коррозионной стойкости исследованных образцов проводилась по изменению его внешнего вида и массы.

Для качественной оценки внешнего вида при дневном свете сравнивались контрольный образец с испытуемым на наличие потускнения поверхности, цвета продуктов коррозии, распределения коррозионных эффектов по поверхности.

Изменение массы (г/м^2) по истечении заданной длительности испытаний определялось взвешиванием образца до и после коррозионных испытаний, при этом площадь поверхности образца S определялась до погружения его в электролит. Изменение массы (Δm_S) на единицу площади поверхности образца вычисляли по формуле 1:

$$\Delta m_S = m_2 - m_1 / S, \quad (1)$$

где m_1 — масса образца до испытания, г;

m_2 — масса образца после испытания и удаления продуктов коррозии, г;

S — площадь поверхности образца, м^2 .

Скорость коррозии (K), $\text{г/м}^2 \cdot \text{сут.}$, определяли по формуле 2:

$$K = \Delta m_S / \tau, \quad (2)$$

где τ — продолжительность испытаний, сут.

Результаты проведенных коррозионных испытаний образцов АМГ и ЦАМ при полном погружении в электролит, усредненные по пяти сериям параллельных опытов, представлены в таблице 1 [5]. Визуальный контроль внешнего вида образцов показал наличие равномерного распределения продуктов коррозии белого цвета на всей поверхности.

Результаты испытаний при переменном погружении в электролит. Поскольку многие металлургические изделия, в том числе изготовленные из алюминийсодержащих сплавов, в процессе эксплуатации подвергаются периодическому смачиванию электролитом, то, очевидно, что подобные условия лучше всего имитируются при испытаниях методом переменного погружения в электролит, чем испытания при полном погружении.

Таблица 1. Изменение массы Δm_s (г/м²) образцов алюминийсодержащих сплавов при полном погружении в электролит

Сплав		АМГ		ЦАМ	
		электролит с содержанием SiO ₂	электролит без SiO ₂	электролит с содержанием SiO ₂	электролит без SiO ₂
№ серии испытаний	Δm_s , г/м ²				
1	Δm_s 1 г/м ²	37,2511	46,1902	28,8205	42,8709
2	Δm_s 2 г/м ²	37,2321	46,3111	28,6411	43,1711
3	Δm_s 3 г/м ²	37,2101	46,1103	28,7113	43,0521
4	Δm_s 4 г/м ²	37,1803	46,3202	28,6904	42,9732
5	Δm_s 5 г/м ²	37,2401	46,2312	28,7919	43,1909
Среднее изменение массы по 5 сериям испытаний Δm_s , г/м ²		37,2227	46,2326	28,7310	43,0516
Скорость коррозии K , г/м ² ·сут.		0,4136	0,5137	0,3192	0,4783

Таблица 2. Изменение массы Δm_s (г/м²) образцов алюминийсодержащих сплавов при переменном погружении в электролит

Сплав		АМГ		ЦАМ	
		электролит с содержанием SiO ₂	электролит без SiO ₂	электролит с содержанием SiO ₂	электролит без SiO ₂
№ серии испытаний	Δm_s , г/м ²				
1	Δm_s 1 г/м ²	31,9524	44,9123	28,1523	41,8707
2	Δm_s 2 г/м ²	32,0902	44,6303	27,6207	42,1211
3	Δm_s 3 г/м ²	32,1123	43,9712	27,9811	42,0105
4	Δm_s 4 г/м ²	31,7821	45,8104	27,6604	41,9748
5	Δm_s 5 г/м ²	32,0734	44,5311	27,7913	42,2349
Среднее изменение массы по 5 сериям испытаний Δm_s , г/м ²		32,0021	44,7711	27,8412	42,0424
Скорость коррозии K , г/м ² ·сут.		0,3555	0,4975	0,3093	0,4671

В настоящем исследовании для испытаний образцов алюминийсодержащих сплавов при переменном погружении в электролит использовалась изготовленная авторами на основе часового механизма автоматическая установка типа «коррозионное колесо» (рисунок 1).

Одновременно проходили испытания образцов в электролите, содержащем ультрадисперсные частицы оксида кремния (IV) SiO₂ и без него.

Режимы испытаний при переменном погружении в электролит соответствовали принятым в ГОСТ 9.913-90 и стандарте ИСО 11130 [1]: время одного полного цикла испытаний – 60 мин.; время погружения – 10 мин.; время между погружениями – 50 мин.

Количество циклов испытаний для каждого типа образца составляло 90 суток.

Результаты проведенных коррозионных испытаний образцов АМГ и ЦАМ при переменном погружении в электролит, усредненные по пяти сериям параллельных опытов, представлены в таблице 2 [5]. Визуальный контроль внешнего вида образцов показал наличие равномерного распределения продуктов коррозии белого цвета на всей поверхности.

Заключение. В результате проведенных исследований коррозионной стойкости алюминийсодержащих сплавов (АМГ и ЦАМ) в пиррофосфатном электролите в присутствии ультрадисперсных частиц оксида кремния SiO₂ и без него было установлено, что:

1. В пиррофосфатном электролите при полном и переменном погружении алюминийсодержащие сплавы демонстрируют относительно высокую коррозионную активность. Скорость разрушения сплава АМГ несколько выше, чем сплава ЦАМ.
2. Ультрадисперсные частицы оксида кремния SiO₂ оказывают некоторое стабилизирующее воздействие на коррозионную стойкость алюминийсодержащих сплавов (АМГ и ЦАМ) в пиррофосфатном электролите, однако механизм стабилизирующего воздействия требует дальнейшего исследования.



Рис. 1. Автоматическая установка типа «коррозионное колесо» для коррозионных испытаний при переменном погружении образцов в электролит

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фомин, Г.С. Коррозия и защита от коррозии: энциклопедия международных стандартов / Г.С. Фомин. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 443 с.
2. Единая система защиты от коррозии и старения. Алюминий, магний и их сплавы. Методы ускоренных коррозионных испытаний: ГОСТ 9.913-90.
3. Vargel, C. Corrosion of aluminium / C. Vargel. – Amsterdam Elsevier, 2004. – 626 p.
4. Ghali, E. Corrosion Resistance of Aluminum and Magnesium Alloys: Understanding, Performance, and Testing (Wiley Series in Corrosion) / E. Ghali. – London: Wiley, 2010. – 719 p.
5. Строкач, П.П. Оценка коррозионной стойкости алюминий содержащих сплавов в пирофосфатных электролитах / П.П. Строкач, Т.Н. Воробьева, Н.П. Яловая, С.В. Басов, А.П. Головач // Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий: сборник материалов республ. науч.-техн. семинара, Минск, 6-7 декабря 2011 г. / БГТУ. – Минск, 2011. – С. 98–101.

Материал поступил в редакцию 20.12.12

STROKACH P.P., JALOVAJA N.P., BASOV S.V., HALETSKY V.A., GOLOVACH A.P. Corrosion firmness aluminum of containing alloys at full and variable immersing in the purophosphate electrolyte

Results of researches of corrosion firmness aluminum of containing alloys in purophosphate electrolyte in the presence of ultradisperse particles оксида silicon SiO₂ and without it have shown that in purophosphate electrolyte at full and variable immersing aluminum of the containing alloys show rather high corrosion activity. Speed of destruction of alloy AMG a little above, than alloy CAM. Ultradisperse particles оксида silicon SiO₂ have some stabilizing influence on corrosion firmness aluminum of containing alloys in purophosphate electrolyte.

УДК 531

Русан С.І.

АДНОСНЫЯ СВАБОДНЫЯ ВАГАННІ ПУНКТА ў ВЫПАДКУ ВЯРЧАЛЬНАГА ПЕРАНОСНАГА РУХУ

Агульныя звесткі. У артыкуле разглядаюцца адносныя свабодныя (пры адсутнасці трэння) ваганні пункта ў выпадку, калі адносная прамалінейная траекторыя ваганняў змешчана ў адной плоскасці з вертыкальнай воссю пераноснага вярчэння. Работа выконваецца ў рамках вучэбнага працэсу па тэме “Динамика адноснага руху пункта” з мэтай удасканалення аналізу ваганняў пункта. У вучэбна-метадычнай літаратуры ([1–3] і інш.) адносныя ваганні пункта пры вывучэнні дынамікі адноснага руху не вылучаюцца ў асобнае пытанне, у выніку чаго спецыфічныя уласцівасці гэтага руху застаюцца не заўважанымі. Зусім не абмяжоўваюцца тыповыя характарыстыкі адносных ваганняў (амплітуда, частата, перыяд, фаза), як гэта прынята пры вывучэнні абсалютных ваганняў пункта. Адзначаная акалічнасць уяўляе значную цяжкасць пры аналізе адноснага вагальнага руху. Ніжэй паказана магчымасць даследавання адносных ваганняў пункта паводле звычайнай схемы вывучэння абсалютных ваганняў. Гэта дазваляе прааналізаваць уплыў вуглавой скорасці пераноснага вярчэння на параметры адносных ваганняў.

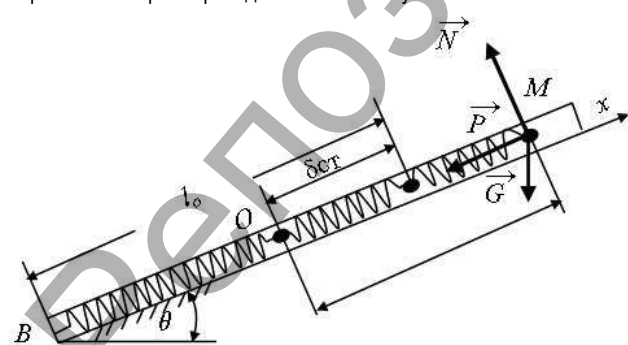
абсалютнай (нерухомай) сістэме каардынат. Іх мадэль прадстаўлена на рысунку 1. Шарык M масы m , што прымацаваны да свабоднага канца спружыны жорсткасці c , рухаецца ў нахіленай гладкай трубцы. Першапачатковая даўжыня спружыны роўна l_0 ; яе статычная дэфармацыя вылічваецца па формуле $\delta_{ст} = G \sin \theta / c$, дзе $G = mg$ – сіла цяжару шарыка. Пункт O называецца *цэнтрам свабодных ваганняў*; максімальны адхіленні пункта M (амплітуды) ад гэтага цэнтра пад час ваганняў аднолькавы. Момент часу t_0 , з якога пачынаецца рух пункта, і адпаведны яму каардыната X_0 і скорасць V_0 называюцца *пачатковымі ўмовамі руху*. Пры вывадзе дыферэнцыяльнага ўраўнення ваганняў за пачатак адліку каардынаты x прымаецца цэнтр ваганняў O . Вывад дыферэнцыяльнага ўраўнення і яго рашэнне выконваецца паводле метадыкі рашэння другой задачы дынамікі пункта. На шарык M дзейнічаюць: сіла цяжару G ; аднаўляльная сіла (інакш – рэакцыя спружыны) $P = cx$, нармальная рэакцыя спружыны N . Дыферэнцыяльнае ўраўненне абсалютных ваганняў прыводзіцца да выгляду:

$$\ddot{x} + k^2 x = 0, \tag{1}$$

дзе $k = \sqrt{c/m}$ – цыклічная частата ваганняў. Для зручнасці аналізу руху рашэнне ўраўнення (1) прадстаўляюць у амплітуднай форме:

$$x = A \sin(kt + \alpha). \tag{2}$$

Тут A – амплітуда ваганняў, $\varphi = kt + \alpha$ – іх фаза, α – пачатковая фаза. Перыяд ваганняў вызначаецца па формуле: $T = 2\pi/k$; $\pi = 3,14\dots$



P, N, G – сілы, прыкладзеныя да пункта M ; l_0 – даўжыня недэфармаванай спружыны; $\delta_{ст}$ – статычная дэфармацыя спружыны

Рыс. 1. Мадэль абсалютных ваганняў

Абсалютныя свабодныя ваганні. Для наступнага параўнальнага аналізу адносных ваганняў спынімся спачатку коротка на абсалютных ваганнях, апісаных, у прыватнасці, у падручніках [1–3]. Нагадаем, што абсалютныя ваганні даследуюцца ў

Дыферэнцыяльнае ўраўненне адносных ваганняў і яго рашэнне. Калі вагальную сістэму, што паказана на рысунку 1, замацаваць на пласціне D , якая верціцца вакол вертыкальнай восі Az (рыс. 2), то пункт M будзе выконваць складаны рух: адносны ў плоскасці пласціны D і пераносны разам з пласцінай вакол восі Az . Абсалютнае паскарэнне пункта M вызначаецца па формуле: $\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_c$, дзе a_r, a_e, a_c – адпаведна адноснае,