

УДК 656.61;551 553.21

NAVIGATION IN THE ZONE OF MONSOONS

СУДНОПЛАВСТВО В ЗОНІ МУСОНІВ

T. V. Varbanets, *PhD, associate professor*Т.В. Варбанец, *к.г.н. доцент**National University «Odessa Maritime Academy», Ukraine**Національний університет «Одеська морська академія», Україна*

ABSTRACT

The article analyzes the monsoons of the Indian Ocean and their influence on shipping associated with transportation of oil and coal. Monsoons are supposed to be considered from the point of view of physics of a rotating body. This helps to explain the direction and speed of the monsoon winds and other movements of air masses on the planet.

Keywords: intetropical convergence zone, trade winds, rotating body

Постановка проблеми.

Мусонна циркуляція визначає особливості і характер судноплавства у одному з величезних районів Світового океану - в північній частині Індійського океану. Індійський океан займає одно з перших місць за обсягом морських перевезень. Звідти у всі кінці нашої планети іде танкерний флот з нафтою, там проходять міжконтинентальні транзитні траси з Атлантики до Тихого океану [3]. Значні наукові розробки у сфері мусонної циркуляції здійснені Рілем Г, Хромовым С.П. та ін. [5, 7]. Однак науковці розглядають мусони як теоретики-метеорологи, а не практики-судноводії. У судноводіїв свої наукові та практичні інтереси, пов'язані з мусонами[3, 4, 6].

Мета даної роботи

Дослідити мусонні циркуляції з точки зору умов мореплавання для забезпечення навігаційної безпеки та досягнення максимальних показників рентабельності вантажоперевезень.

Завдання дослідження

У завдання дослідження входило: для з'ясування закономірностей мусонних вітрів і взагалі рухів повітря на земній кулі застосувати закони фізики обертового тіла; провести аналіз важливої ланки загальної циркуляції атмосфери - мусонної циркуляції, а саме причин її виникнення і висвітлення ролі у виникненні мусонних вітрів переміщення внутрішньої тропічної зони конвергенції (ВЗК) слідом за Сонцем аж до Гімалайських гір, формування характеру мусонів, завдяки переміщенню ВЗК далеко на північ; пояснення особливостей судноплавства в зоні мусонів, народжених переміщенням ВЗК і

особливостей плавання там різних спеціалізованих суден, а також особливостей перевезення різних вантажів.

Основний матеріал досліджень

У зв'язку з великою значущістю мусонної циркуляції для мореплавання перше були розглянуті основні причини та фактори її утворення та розвитку.

Відомо, що весь час усюди у тропіках дують пасатні вітри[5]. Незмінність - то притаманна ним риса. І тільки у тропіках північної частини Індійського океану пасати дують пів року. То зимові місяці. В літні місяці у цій частині Світового океану пасатів немає.

Розглянемо, чому в літні місяці в північній частині Індійського океану порушується притаманна всім іншим тропікам закономірність. Сонце на літні місяці переходить в північну півкулю. Слідом за Сонцем зсуваються на північ всі кліматичні зони. Однак, на відміну від Сонця, зсуваються вони не паралельно широтам. Континенти вносять свої корективи. Гігантський азіатський континент порушує зональність. Особливість цієї частини нашої планети- саметут, на південному сході Азії, найбільш далеко на північ пересуваються кліматичні зони. Внутрішня тропічна зона конвергенції тут доходить до підніжжя Гімалаїв. Значному поширенню ВКЗ на північ над Азією сприяє наявність такого піднесеного джерела тепла, як Тибет. Пересуваючись далеко на північ, ВЗК перетягує за собою зону пасатних вітрів, що була до того в південній півкулі. Повітря перетікає з південної півкулі в північну півкулю. Ще одна особливість цієї частини нашої планети- найбільш велике перенесення повітря через екватор на планеті здійснюється саме в Індійському океані. Перейшовши через нульову широту, повітря починає переміщуватися в більш високі широти. Як наслідок, в тропіках північної частини Індійського океану в літні місяці не має пасатних вітрів, а дують вже мусонні вітри.

Для розуміння напрямку і швидкості вітрів у муссонах і взагалі на планеті застосуємо закони фізики обертового тіла. Наша планета являє собою обертове тіло. Розглянемо мусонні вітри з точки зору загального закону збереження моменту кількості руху. Земля обертається навколо своєї осі із заходу на схід. Атмосфера обертається разом із Землею. Одночасно повітря здійснює рухи відносно поверхні Землі. Відомо, що момент кількості руху Ω вздовж траєкторії в ізольованій системі не змінюється у часі при будь-яких процесах. Будемо вважати нашу Землю ізольованою системою і знехтуємо зовнішніми впливами, як дуже малими. Збереження моменту кількості руху можна записати як

$$d\Omega / dt = 0, \quad (1)$$

де d/dt - зміна в часі.

Закон збереження кількості руху можна застосувати не тільки до повної маси Землі і атмосфери, а й до окремого стовпа повітря, чи його частини.

Повний момент кількості руху Ω складається з моменту кількості руху поверхні Землі $\omega^2 r$ і моменту кількості руху повітря ur (вітру) відносно поверхні Землі

$$\Omega = \omega^2 r + ur, \quad (2)$$

де ω - кутова швидкість обертання Землі, r - довжина плеча, тобто відстань від осі обертання; на екваторі це радіус Землі a , на інших широтах довжина плеча зменшується за формулою

$$r = a \cos \varphi, \quad (3)$$

де φ – широта; u - швидкість руху повітря (швидкість вітру) відносно поверхні нашої планети.

Повний момент кількості руху усюди на поверхні Землі буде зберігатися в часі. А це означає (впливає з наведених формул), що зі зменшенням плеча r швидкість руху повітря u відносно поверхні Землі повинна зростати. І навпаки, якщо плече зростає, то швидкість руху повітря відносно поверхні Землі повинна зменшуватися.

І дійсно, саме це ми і спостерігаємо на нашій планеті. На картах вітру видно, що в тропіках переважають слабкі північно-східні вітри, а в більш високих широтах – досить сильні західні вітри. Таким чином, можна сформулювати закон руху повітря на поверхні Землі. Якщо повітря переміщується з низьких широт у високі, то для того, щоб зберігся момент кількості руху, повітря повинне набувати західну складову і великі швидкості. Якщо повітря переміщується з високих широт в низькі, то рух набуває східну складову і малі швидкості. Такі зміни напрямків і швидкості вітру характерні для всієї планети в цілому і для всіх широт. Виведена закономірність пояснює багато чого: швидкості і напрямки руху пасатів і західних вітрів, швидкості і напрямки руху тропічних циклонів до і після «точки повороту» і навіть переміщення баричних систем в помірних широтах на схід.

Застосуємо ці закони фізики обертового тіла для пояснення закономірностей мусонних вітрів в північній частині Індійського океану. Пасати південної півкулі, потрапляючи в північну півкулю, починають рухатися від екватора на північ. Вони рухаються з низьких широт у високі. Плече зменшується. Тут вступає до дії закон збереження кількості руху і вітер, що був спочатку південно-східний у південній півкулі, при перетинанні екватора повертає і стає південно-західним. Змінюються не тільки напрямки вітру, а й швидкості руху. Повітря у південній півкулі рухалось повільно, бо плече зростало, а у північній півкулі рухається швидко, бо плече зменшується.

Насправді швидкості східних вітрів і західних вітрів менше, ніж це мало б бути відповідно до закону збереження кількості руху. Це пояснюється тим, що на відміну від системи Земля - Атмосфера, на саму атмосферу діють сили тертя підстилаючої поверхні. Повітря, що рухається до більш низьких широт, сповільнюється внаслідок приземного тертя, тому швидкість східних вітрів у поверхні Землі зменшується. Повітря, що рухається в бік більш високих широт, також сповільнюється, і швидкість західних вітрів збільшується в напрямку до полюса не так сильно, як це було б потрібно у відповідності з формулами. Проте

в північній частині Індійського океану повітря, що пересувається з боку екватора до Аравії, Індостану та Індокитаю може досягати значних швидкостей і викликати великі шторми в морі.

Можна згадати і про силу Коріоліса - інерційну силу, яка виникає в наслідок обертання Землі навколо своєї осі. По суті мова йде про одне й те ж явище, що пояснює поворот всіх рухів щодо первісного напрямку вправо в північній півкулі і вліво в південній півкулі. У екватора сила Коріоліса дорівнює нулю. Але є нюанси. Сила Коріоліса не пояснює виникнення руху. Сила Коріоліса не пояснює чому швидкості західних вітрів великі, а східних вітрів малі.

Отже, у північній частині Індійського океану пів року (у зимові місяці) дують слабкі північно-східні вітри, а пів року (у літні місяці) дують досить сильні південно-західні вітри. Така зміна напрямків вітрів через пів року на протилежні напрямки називається мусонною циркуляцією. Мусонною циркуляцією охоплено крім північної частини Індійського океану ще і східну частину Азіатського континенту, тобто західну частину Тихого океану. Мусонна циркуляція є важливою ланкою загальної циркуляції атмосфери.

Відносно характеру літнього мусону над Індійським океаном і його дії на судноплавство, то в першу чергу треба підкреслити ризики, пов'язані з сильними вітрами. Під час літнього мусону швидкості вітру набувають великих значень, вітер буває шквалістим і поривчастим. При сильному вітрі хід судна зменшується як при зустрічному, так і при попутному вітрі[6]. Зустрічний вітер може істотно знизити хід судна з великою площею парусності. У загальному випадку вважається, що сильний вітер з носових курсових кутів зменшує швидкість середньотонажних суден на величину від 3 до 13%. При бортових кутах вітру втрати в 1,5-2,0 рази менші, ніж при зустрічному вітрі тієї ж сили.

Велику парусність мають пасажирські судна, контейнеровози, автомобілевози. У навантажених танкерів і балкарів парусність значно менше, ніж у контейнеровозів, які мають таку саму довжину корпусу. Відомо, що тиск, який відчуває навітряна поверхня, пропорційний квадрату швидкості вітру u . Сумарний тиск на судно пропорційний ще й площі S навітряного борту судна

$$p \sim Su^2. \quad (4)$$

Сильні вітри літнього мусону справляють негативний вплив на всі типи суден, які в нього потрапляють. Однак особливо великий вплив вітру на судна з великою площею парусності, наприклад, контейнеровози, чи судна, що рухаються в баласті [4]. Навіть супертанкери схильні до впливу вітру, при величезній площі парусності в поздовжньому перерізі.

Вітер викликає також відхилення судна від лінії шляху. Величина вітрового дрейфу залежить від сили і курсового кута вітру, а також від швидкості судна і його бортової площі.

Вітер не тільки змінює елементи руху судна, але і впливає на його керованість. Коли на переході морем судно йде повним ходом, дія вітру мало позначається на здатності управління судном. При швартуванні, при русі малим

ходом в каналах і у відкритому морі сильний вітер може стати причиною значного погіршення, і навіть втрати судном керованості [3]. Для ряду суден пориви вітру та шквали в умовах шторму можуть призвести до появи небезпечних кутів крену.

Вітри створюють штормову погоду. Сильний вітер викликає утворення хвиль. А це є головним чинником, що впливає на мореплавність судна. У відкритій частині Аравійського моря найбільш часто зустрічаються хвилі висотою до 2 м, під час штормів висота їх може досягати 6-9 м. Хвилі збільшують гідродинамічні навантаження на корпус і погіршують показники роботи головного двигуна, призводять до зростання зносу судна з лінії шляху. Плавання в умовах хвиль може супроводжуватися такими негативними явищами як заливання палуби, слемінг, оголення лопатей гребного гвинта, зменшення остійності. Управління судном при плаванні в штормову погоду досі залишається важким і відповідальним завданням, яке вимагає від судноводія знання і врахування всіх видів впливу штормових умов на судно.

Крім вітру, штормів, хвиль є і інші ризики плавання в зоні мусонів Індійського океану. Повітря, що двічі пройшло тропічні зони, стає насиченим вологою. Ще одна особливість цієї частини нашої планети - в тропіках північної частини Індійського океану найвища на нашій планеті взагалі і в тропічній зоні зокрема кількість водяної пари у повітрі. Саме наявність підвищеної вологості часто небезпечна для вантажу і негативно впливає на самопочуття людей. Відчувається задуха від великої вологості і великої температури. Середньомісячні температури сягають 27 - 32°C. На континенті, на берегах Аравійського моря і Бенгальської затоки температура може досягати 40 ° С. В тропіках Сонце незмінно опівдні знаходиться прямо над головою, або дуже близько до zenіту. Підвищення або зниження температури при зміні висоти Сонця практично не відчується.

Величезна вологість повітря призводить до того, що повітря досить незначно піднятися, щоб утворилися хмари. Відбувається термічна і водна конвекція. Нижня межа хмарності знаходиться на висотах 300 м і навіть менше. По вертикалі ж хмари можуть займати всю тропосферу. Це купчасто-дощові хмари *Cb*, що дають інтенсивні зливи і таке погіршення видимості при дощу, що з навігаційного містка не видно бак судна. Екстремально велика кількість опадів (16000 мм і більше) на планеті спостерігається саме тут, біля підніжжя Гімалаїв в ВЗК. Це ще одна з особливостей цієї частини нашої планети.

Над океаном річна кількість опадів досягає 1000 мм (за даними острівних станцій). Випадають вони в одну половину року, в дощовий сезон з літніми мусонами. Дощі ідуть майже безперервно і вони дуже інтенсивні.

На початку літнього мусону у райони Червоного моря, Перської затоки і Аравійського моря може виноситись пил з Аравійських пустель і з Сахари.

В періоди літнього мусону в Аравійському морі або в Бенгальській затоці інколи виникають найнебезпечніші явища природи – тропічні циклони. Над Бенгальською затокою в середньому за рік виникає чотири циклони. В Аравійському морі в середньому за рік буває близько двох циклонів. Виходячи на сушу, вони приносять страшні спустошення. Особливо небезпечні пов'язані з ними нагони води на низькі береги. Так, 12-13 листопада 1970 року штормові хвилі тропічного циклону в Бангладеш забрали життя 300000 людей. Як відомо, в морі тропічні циклони ще більш лютіші, ніж на суші. Вони можуть дуже ускладнювати судноплавство.

Всі ці ризики поодинці, а тим більше разом взяті створюють дуже небезпечні умови для судноплавства і перевезення вантажів.

Безпека є основою для всіх видів транспорту. Особливе значення вона набуває в морському судноплавстві. Значні розміри морських суден, зростання швидкостей руху, збільшення інтенсивності руху на морських шляхах, плавання суден у складних метеорологічних умовах та інші причини роблять проблему безпеки мореплавання найбільш пріоритетною і актуальною при оцінці сучасного стану і розвитку морського транспорту.

В умовах мусонного клімату не всі морські операції можливі і безпечні. У зимові місяці, коли встановлюється зимовий мусон, який водночас є пасатом північно-східного напрямку як і усюди в тропіках північної півкулі, умови плавання для всіх типів суден і для перевезення всіх типів вантажів хороші, спокійні, комфортні, безпечні. У літні місяці, коли встановлюється літній мусон, деякі морські операції проводити в північній частині Індійського океану взагалі не слід. Так, не рекомендується проводити буксирування, перевозити великогабаритні деталі, платформи тощо [1, 6].

Перевезення вантажів в умовах літнього мусону в північній частині Індійського океану потребує ретельного контролю стану зовнішнього повітря, стану повітря в трюмі, стану вантажу для прийняття правильних рішень стосовно безпечного та рентабельного перевезення.

Перевезення нафтопродуктів займає основну частину загального вантажопотоку в північній частині Індійського океану. Нафтопродукти під час перевезення піддаються несприятливим впливам гідрометеорологічних умов. У період плавання в спекотні дні, в тропічних широтах, від нагрівання судна сонячною радіацією і внаслідок високих температур зовнішнього повітря відбувається розширення і інтенсивне випаровування рідких вантажів. Загальні втрати можуть досягати дуже значних величин і залежать ще від розміру танкера. Причому випаровуються легкі фракції вуглеводню, що призводить до зниження якості вантажу, що перевозиться. Крім загального температурного фону, великий вплив на перевезення легких нафтопродуктів надає добовий хід температури повітря. В результаті цього виникають зміни під палубного газового простору, через розширення вантажу воно зменшується при підвищенні температури і збільшується при її зниженні. У першому випадку повітря з під палубного простору виходить назовні і виносить з собою пари

нафтопродуктів. У другому випадку відбувається засмоктування зовнішнього повітря в під палубний газовий простір. Від цього «дихання вантажу» при тривалих переходах втрати можуть досягати значної кількості.

При переході танкера з тропічного в помірний клімат з більш низькими температурами повітря, на нафтоналивному судні не виключено запотівання внутрішніх танків. В результаті процесів конденсації на поверхнях вантажних танків можливе утворення крапель вологи з подальшим вірогідним обводненням вантажів.

При перевезенні вугілля виникають свої складності. Вугілля з температурою 35 ° С і вище до навантаження не допускається. Як відомо [4], вугілля здатне самозайматися. Вугілля поглинає (адсорбує) кисень повітря, що супроводжується виділенням тепла. Якщо утворене при цьому тепло не відводити, то температура може досягти критичної, при якій вугілля загоряється.

Спостереження показують, що самозаймання буває найчастіше мокрого вугілля. З метою видалення з вугільних трюмів палубних суден вибухонебезпечних газів, що збираються над поверхневим шаром вугілля, повинна проводитися поверхнева вентиляція трюмів.

Є небезпеки і складності при перевезенні гігроскопічних та інших вантажів. Всі ці складності і небезпеки притаманні при перевезеннях в літній час в умовах літнього мусону.

Висновки. Сформульовано закон руху повітря на планеті. Якщо повітря переміщується з низьких широт у високі, то рух набуває західну складову і великі швидкості. Якщо повітря переміщується з високих широт в низькі, то рух набуває східну складову і малі швидкості.

Єдине місце в тропіках де влітку немає пасатів – це північна частина Індійського океану. Виявлено, що мусони північної частини Індійського океану виникають завдяки переміщення пасатів південної півкулі через екватор у північну півкулю. Відповідно закону збереження моменту кількості руху літні мусони набувають західну складову і великі швидкості.

Літній мусон не сприяє безпеці мореплавання. Ризики спричиняють сильні вітри, шторми, хвилі, дуже висока вологість повітря, підвищена хмарність, інтенсивні опади, погана видимість, висока температура. У райони Червоного моря, Перської затоки і Аравійського моря може виноситися пил з Аравійських пустель і з Сахари. Це також погіршує умови судноплавства. Не виключені ризики виникнення тропічних циклонів.

Не всі морські перевезення можливі протягом року в північній частині Індійського океану. У літні місяці не слід виконувати буксирування, перевезення великогабаритних деталей, платформ тощо.

Технологія морських перевезень вантажів значною мірою відчуває вплив гідрометеорологічних умов. Необхідне ретельний контроль стану зовнішнього повітря, стану повітря в трюмі, стану вантажу для прийняття правильних рішень стосовно безпечного та рентабельного перевезення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Афиногентов В.В. Проектное обеспечение безопасности перевозки крупногабаритных тяжеловесных грузов морем / В. В. Афиногентов / Судовождение. Сб. научн. Трудов. Вып. 15, 2008.- С.3-10.
2. Дэфилиппо В. История мира в инфографике / Валентна Дэфилиппо, Джеймс Болл/ М.: Альпина Паблишер, 2014.- 224 с.
3. Капустин В.В. Оценка ветрового воздействия на танкер при швартовных операциях к терминалу / В.В. Капустин, А.В. Михайлов / Судовождение. Сб. научн. Трудов. Вып. 17,2010.- С.79-83.
4. Кубышкин С.В. Особенности перевозки сыпучих энергоносителей морским транспортом /С.В. Кубышкин / Судовождение. Сб. научн. Трудов. Вып. 14,2007.- С. 58 – 61.
5. Риль Г. Климат и погода в тропиках/ Л. Гидрометеиздат, 1984. – 605.
6. Стецюк Т.Г., Сизов В.Г. К вопросу о расчетном определении падения скорости судна в штормовых условиях плавания / Т.Г. Стецюк, В.Г. Сизов / Судовождение. Сб. научн. Трудов. Вып. 19,2010.- С.180-186.
7. Хромов С.П. Муссоны в общей циркуляции атмосферы / С.П. Хромов / Кн.: Взаимодействие океана с атмосферой и динамика муссонов. Л.: Гидрометеиздат, 1990.- 359 с.