

*environment, increase of reliability of work, providing of energy-savings at incineration of heavy remaining fuels, that is confirmed by the results of experimental and analytical researches.*

УДК 629.12.06.628.84

**Бойко П.А.**

### **ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТАНКЕРОВ-ГАЗОВОЗОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СПГ - ТЕРМИНАЛА В УКРАИНЕ**

*В настоящей статье рассматриваются вопросы безопасной и безаварийной эксплуатации танкеров-газовозов, где основные действия должны быть направлены в область обеспечения безопасности окружающей среды, а энергонасыщенный комплекс танкера-газовоза, не должен выходить из-под контроля экипажа судна, администрации порта, портовых служб и хозяйств.*

**Ключевые слова:** танкер - газовоз, природные и нефтяные газы, безопасность бункеровки, окружающая среда, портовые хозяйства, купольная система, газоопасные зоны, подготовка экипажей.

Актуальной проблемой украинской экономики и взаимоотношений Украины и Российской Федерацией в вопросах стоимости, объемов потребления и транспортировки природного российского газа, является не адекватная цена 1,0 тыс. м. куб. газа и объемов поставки на основании договора подписанного украинским правительством в 2008 году. Альтернативным решением проблемы независимыми аналитиками и экспертами предложен проект по строительству терминала с функциями регазификации при приеме и обработке танкеров – газовозов в одном из морских портов Украины [7]. В Кабинет министров Украины обратились 44 международные компании за получением технической документации для участия в тендере на разработку технико-экономического обоснования строительства в Украине регазификационного терминала по приему сжиженного природного газа (СПГ-терминала). Такие данные сообщили в Государственном агентстве по инвестициям и управлению национальными проектами. «Высокая заинтересованность обусловлена особым стратегическим значением национального проекта для будущего Украины», - приводятся в пресс-релизе слова председателя Государственного агентства по инвестициям и управлению национальными проектами Владислава Каськива [7].

Предварительный проект строительства предусматривает до 2014 года поставку первых партий сжиженного газа в объеме 2 млрд. куб. м. газа в год, до 2015 года - доведение этих объемов до 5 млрд. куб. м. газа, и до 2017 года - до 10 млрд. куб. м. газа в год [3,7]. Окончательная стоимость проекта СПГ-терминала будет известна только после разработки ТЭО. Вместе с тем, по предварительным оценкам, строительство самого терминала обойдется государству  $\approx$  \$0,75-1 млрд., обустройство инфраструктуры  $\approx$  \$170-360 млн., врезка в газотранспортную систему (ГТС)  $\approx$  \$100-460 млн. Стоимость обустройства инфраструктуры и врезки в ГТС будет зависеть от выбора места положения конкретной площадки [3,7].

В настоящее время рассматривается пять наземных площадок для строительства терминала: площадка возле Одесского припортового завода, площадка возле нефтяного терминала ОАО «Укртранснафта» (обе площадки находятся в районе порта «Южный»), площадка в районе г. Очаков (Николаевская обл.), площадка в прибрежной зоне Березанского лимана (Николаевская обл.), а также создание оффшорного СПГ-терминала в районе г. Одессы [7].

Важным элементом осуществления настоящего проекта, является организация безопасной и безаварийной эксплуатации танкеров – газозовозов при маневрировании, стоянке на рейде в ожидании выгрузки, и при бункеровочных операциях в порту. При строительстве СПГ – терминала необходимо учитывать прилегающие или находящиеся в сфере ответственности портовых хозяйств, зоны компактного проживания гражданского населения, место нахождения которых предусмотрены генеральными планами строительства и заселения прилегающих к портам территорий для бесперебойной работы инфраструктуры портов и географическими условиями портовых территорий и курортных зон Украины [2].

Танкера - газозовозы являются наиболее сложными сооружениями в силу того, что перевозимый груз представляет огромную угрозу с точки зрения безопасности мореплавания и охраны окружающей среды, несравнимую с той опасностью, которую представляет сырая нефть. Строительство специализированных судов для перевозки наливом опасных грузов является совершенно особым типом судна, отличным от обычного танкера [1,2,4].

Танкера - газозовозы проектируются, строятся и эксплуатируются в соответствии с определенными правилами и инструкциями. Эти правила и инструкции, устанавливаются правительствами тех стран, в которых такие суда в перспективе будут эксплуатироваться, строительство этих судов осуществляется под эгидой Международной морской организации (ИМО) [2].

Процесс сжижения газа осуществляют или в районе его добычи, или при погрузке на суда. Проводят этот процесс различными способами: повышением давления, глубоким охлаждением или комбинированным методом - охлаждением при повышенном давлении. Осуществление процесса сжижения газов позволяет попутно разделять газ на составляющие его фракции в соответствии с их критическими параметрами [1,4,5,8].

Сжиженные газы - это жидкости, которые характеризуются следующими признаками: их температура кипения находится в пределах от  $-165$  до  $+37,8^{\circ}\text{C}$  при давлениях от 0,25 до 16 бар. Значения температуры и давления сжижения различны и зависят от природы газа [5,6,8].

С учетом особенностей транспортировки газов принято подразделять их на четыре группы: 1) природные газы (метан); 2) нефтяные газы (этан, бутан, пропан); 3) промышленные газы (этилен, хлорвинил, фреон); 4) аммиак.

Для сохранения окружающей среды, экипажа, судна и груза необходимо соблюдать основные меры предосторожности и техники безопасности (ТБ) в следующих основных областях: в конструкции судна; в системах, устройствах и оборудовании судна; в уровне профессиональной подготовки и компетентности членов экипажа, в уровне подготовки и компетентности портовых служб и хозяйств.

В порту экипаж газозовоза должен быть проинформирован о местных правилах, которые еще предстоит разработать с учетом места расположения конкретного земельного участка, мерах предосторожности и ТБ по отношению к конкретным опасным продуктам. В большинстве судоходных компаний действуют общие правила технической эксплуатации для всех судов. Этими правилами должен руководствоваться каждый член экипажа на борту газозовоза. Следует помнить о том, что все правила ТБ выработаны на основе опыта технической эксплуатации и тщательного анализа реальных аварийных происшествий.

В области морских перевозок существует множество технических проблем, разрешение которых делает более благополучной перспективу развития судов-газозовозов. Основными можно было бы назвать следующие: использование неметаллических грузовых танков; использование грузовых танков с внутренней изоляцией; совершенствование грузосодержащих систем в целях снижения потерь сжиженных газов при их испарении в грузовых танках; совершенствование судовых установок повторного сжижения (поскольку существующие еще допускают выброс газов в атмосферу); проблема сжигания трудносжигаемых фракций газа; проблема эксплуатации установок, производящих инертные газы, нарушающих экологию территорий прилегающих к портовым хозяйствам.

Как видно из перечисленных проблем, главенствующее направление разработок, должно быть направлено в область обеспечения безопасности окружающей среды. Энергонасыщен-

ный комплекс танкера-газовоза, не должен выходить из-под контроля экипажа судна, администрации порта, портовых служб и хозяйств.

Учитывая все перечисленные проблемы в первую очередь необходимо совершенствовать системы раннего оповещения химической опасности и загазованности атмосферного воздуха. Так, в течение рейса в воздухе судовых помещений может накапливаться: двуокись углерода – до 1%, окиси углерода – до 40 мг/м<sup>3</sup>, окислов азота – до 0,8 мг/м<sup>3</sup>, хлора – до 3 мг/м<sup>3</sup>, аммиака – до 40 мг/м<sup>3</sup>, сероводорода – до 0,5 мг/м<sup>3</sup>, хлористого водорода – до 0,7 мг/м<sup>3</sup>, ароматических углеводородов – до 70 мг/м<sup>3</sup>. Кроме газообразных примесей в воздухе присутствуют аэрозольные частицы различного происхождения, химического состава и дисперсности с концентрацией до 6 мг/м<sup>3</sup> [1,4, 8].

Источниками химической опасности в рейсах и при бункеровочных операциях в порту, являются пары перевозимых грузов, составляющих при интегральной оценке степени риска для членов экипажа и окружающей среды до 96% химической опасности и выше. Это обусловлено, прежде всего, количественными соотношениями перечисленных источников при доминировании грузов по объему и массе, реальной возможностью их проникновения в жилую надстройку судна и машинное отделение (МО), а также гигиенически значимыми физико-химическими свойствами. Низкая температура кипения, переход в газовую фазу нормальных условий, низкие энергия зажигания и пределы воспламеняемости, значительное увеличение объема при испарении могут играть роль в проявлении токсических свойств перечисленными химическими соединениями.

В нашем случае – метан, пропан и бутан вследствие инертности обладают токсическими свойствами, проявляемыми только в высоких концентрациях. Воспаление слизистой оболочки глаз, действие на центральную нервную систему, в первоначальные минуты – возбуждение, сужение зрачков, замедление пульса, слюнотечение, рвота, несколько позже – оглушение, сон, повышение температуры тела, длительный наркоз, и как следствие, смертельное отравление.

Основными путями загрязнения воздуха судовых помещений являются: инфильтрация загрязненного атмосферного воздуха через наружный контур ограждения жилой надстройки -  $Y_{прот}$ , поступления с приточным, недостаточно очищенным в судовых системах кондиционирования воздуха (СКВ) -, а также внутренние газовыделения -  $Y_n$  (Рис. 1), загрязнений, часть которых -  $Y_{выт}$ .

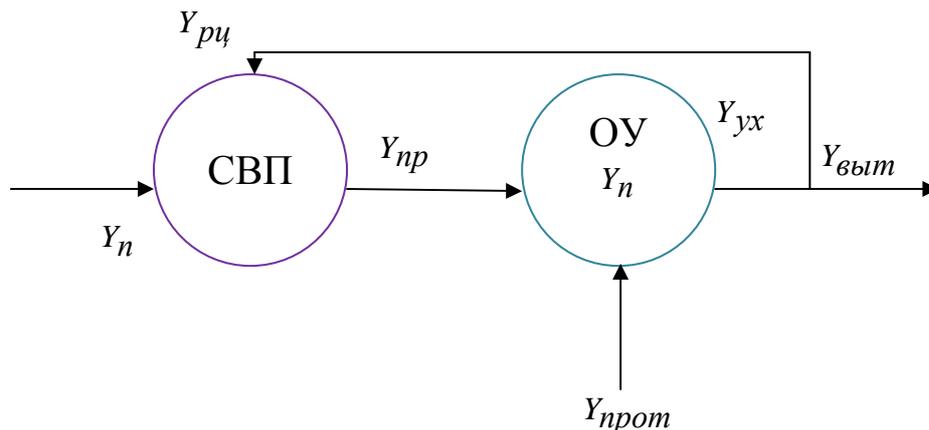


Рис.1. Схема загрозованности воздуха помещения:  
 ОУ – объект управления;  
 СВП – система воздухоподготовки;  
 Y – масса агента загрязнителя, кг (кг/с).

Уходящий из помещения воздух содержит  $Y_{ух}$  загрязненный, часть которых -  $Y_{выт}$ , выбрасывается в атмосферу вытяжной вентиляцией, а остаток – рециркуляционный поток, за-

носит в СВП -  $Y_{rc}$  загрязнений. В СВП, кроме этого источника загрязнения, могут вноситься загрязнения -  $Y_n$  вместе с наружным воздухом.

Материальный баланс загрязненной воздушной среды судовых помещений запишем следующим образом

$$Y_n + Y_{rc} + Y_n + Y_{прот} - Y_{выт} = 0. \quad (1)$$

На рис.1 приведены следующие индексы:  $n$  – помещение,  $пр$  – приток;  $прот$  – протечки;  $ух$  – уходящий;  $выт$  – вытяжка;  $rc$  – рециркуляция;  $n$  – наружный.

Каждая из составляющих уравнения (1) является сложной функцией и по своей важности требует отдельного рассмотрения. Так, для  $Y_{прот}$  и  $Y_n$  общим важным фактором является степень загрязнения воздуха, окружающего судно. При этом главным фактором безопасной среды обитания, является место труда и отдыха экипажа.

Для повышения эффективности организационно-технических мероприятий по защите экипажей и окружающей среды от вредного воздействия химических загрязнителей необходимо достоверно знать предполагаемые зоны загазованности судовых помещений на разных этапах рейса и причины загазованности помещений. На самых современных судах-газовозах, при нормальных условиях эксплуатации утечка газа может составлять 0,1% от общего объема перевозимого груза.

На рис. 2, представлена схема газоопасных зон танкера-газовоза с купольной системой расположением грузовых помещений. Наиболее интенсивное газовыделение наблюдается из технологических колонн 1, 2, 3, 4, 5, снабженных системой зонтов для отвода газа из танков и технологического оборудования, на выходе воздуха из помещений компрессоров и электродвигателей 6, 7, на выходе воздуха из носовых и кормовых кофердамов и тоннеля трубопроводов в двойном дне 8, 9.

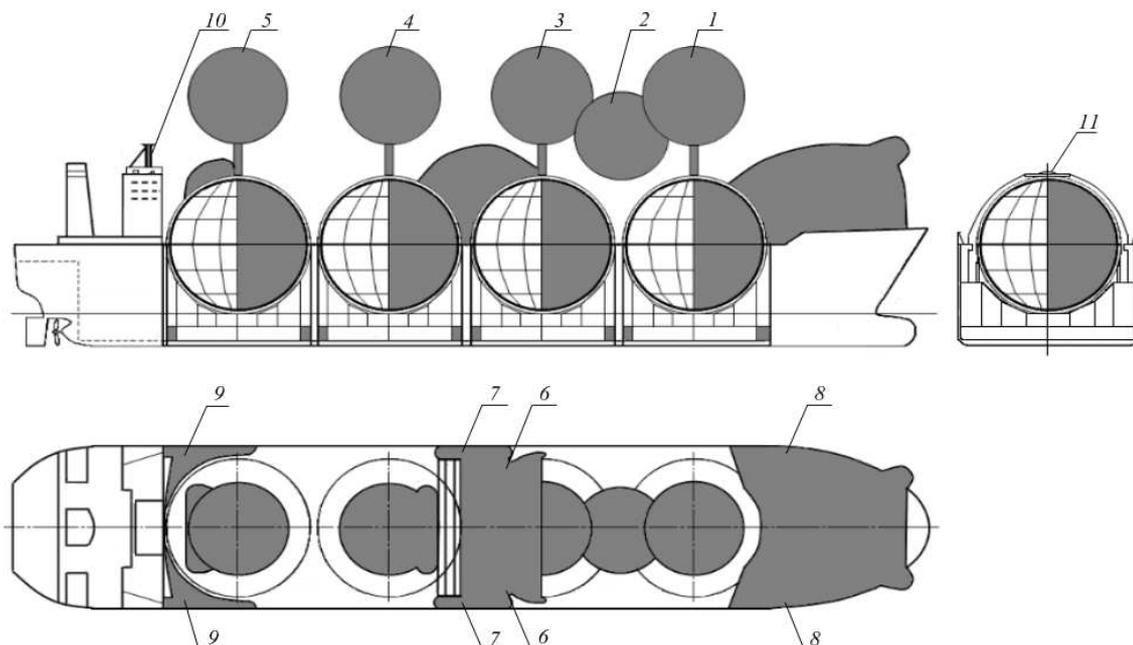


Рис. 2. Газоопасные зоны танкера-газовоза с купольной системой грузовых трюмов:

1-5 – технологические колонны; 6,7 – помещение компрессоров; 8,9 – носовой и кормовой кофердамы, тоннель трубопроводов двойного дна; 10 – жилая надстройка; 11 – купол купольной системы танкера

Высота технологических колонн не должна конструктивно превышать высоту жилой надстройки судна, технологическое оборудование, кофердамы, тоннели трубопроводов должны находиться на уровне и вблизи главной палубы или расположены на ней. Газ в помещения

может поступать при срабатывании предохранительных клапанов на линии транспортировки газа, над куполами грузовых танков, через неплотности в системах компрессорных установок, при работе сепараторов попутных газов и от береговых источников.

К наиболее газоопасным помещениям или зонам танкера-газовоза относятся:

- купола танков; - помещения в грузовой зоне; - закрытое помещение вне грузовой зоны, через которое проходит любой трубопровод, содержащий жидкие или газообразные продукты, или в пределах которого такой трубопровод оканчивается, данное помещение считается таковым в случае, если не будут установлены одобренные устройства для предотвращения любой утечки паров продукта в атмосферу данного помещения; - пространство, занимаемое системой удержания груза, а также грузовые трубопроводы; - трюмное помещение, если груз перевозится в емкостях системы удержания груза, в которой необходимо наличие дополнительного барьера; - трюмное помещение, если груз перевозится в емкостях системы удержания груза, в которой не требуется наличие дополнительного барьера; - отделения грузовых насосов и компрессоров; - зона на открытой палубе или полузакрытое пространство на открытой палубе в пределах 3-х м от любого выпускного отверстия грузового танка, отверстия для выпуска газа или паров, фланцев грузового трубопровода, грузовых клапанов или отверстий для входа и вентиляции, ведущих в отделения грузовых насосов и компрессоров; - открытая палуба над грузовой зоной, а также участок открытой палубы, протирающийся на 3 – 4 м в нос и корму от грузовой зоны, а также на высоту 2,5 – 3 м над верхней палубой; - зона в пределах 2,5 – 3,5 м от наружной поверхности элементов системы удержания груза, если такая поверхность подвержена атмосферному воздействию; - закрытые или полузакрытые помещения; - вентиляционные колонны.

Учитывая такое количество газоопасных зон на судне необходимо обратить внимание на совершенствование существующих и разработку новых систем раннего оповещения о загазованности атмосферного воздуха. Разработке систем раннего оповещения должна предшествовать общая карта загазованности судна и бункеровочных участков территории порта с учетом мест наиболее вероятного появления людей при выполнении производственных задач. Такие места должны быть оборудованы датчиками-оповестителями появления химической опасности. Сигналы с датчиков должны поступать в устройство аварийно-предупредительной сигнализации (АПС) светового и звукового сопровождения как в центральный пост управления (ЦПУ) танкера-газовоза, так и ЦПУ портового участка регазификации.

Математическое моделирование энергетической системы «судно – человек – окружающая среда» применительно к открытым и кондиционируемым территориям судна, а также территориям газоопасных зон бункеровочных участков будущего порта регазификации СПГ - терминала в перспективе позволит существенно расширить область эффективного использования методов и систем очистки воздуха. Характер загазованности воздуха открытых территорий в различные периоды эксплуатации, особенности конструкции погрузочного комплекса, мест сосредоточения газа, режимов работы грузовой системы, позволят классифицировать источники химического загрязнения воздуха по следующим признакам:

1. По назначению – технологические, содержащие «хвостовые» газы с высокими концентрациями;
2. По месту расположения – низкие и палубные, по высоте  $h \leq 2,5 H_{зд}$  высоты жилой надстройки, снабжены «зонтами», гасящими скорость на выходе, и технологическое оборудование, имеющее много различных соединений, большое кол-во запорной и регулирующей арматуры, являются источниками загрязнения стекающихся потоков воздуха вблизи палубы;
3. По геометрической форме – линейные, имеющие значительную протяженность в направлении перпендикулярном ветру с местами сосредоточения, которые накладываются один на другой;
4. По режиму работы – непрерывного и периодического действия, характерные для работы технологического оборудования на всех этапах перевозки грузов, а также «залповые» - в ава-

рийних ситуаціях і «мгновених» - при расшланговке грузової системи з береговим терміналом;

5. По дальности распространения – внутриплощадочные, способные создавать высокие концентрации агента-загрязнителя в воздухе производственной зоны и в воздухе зоны отдыха.

Наличие химических агентов – загрязнителей в воздухе судовых помещений и открытых территорий судна, наряду с физическими параметрами воздушной среды, является вредным производственным фактором для организма человека. Поэтому, уровни опасности необходимо классифицировать:

1 класс – оптимальные условия обитаемости, при которых концентрация газа в воздушной среде не превышает предельно допустимую концентрацию ПДКсс.

2 класс – допустимые условия обитания, при которых величина концентрации газа находится в пределах  $ПДК_{сс} < y_H \leq ПДК_{мр}$ .

3 класс – вредные условия обитания, при которых величина концентрации газа в воздухе находится в пределах  $ПДК_{мр} < y_H \leq ПДК_{рз}$ .

4 класс – опасные (экстремальные) условия обитания, при которых  $y_H > ПДК_{рз}$ .

Выше перечисленные классы, направлены на оценку степени химической опасности, как внешнего возмущения, при организации режимов воздухоподготовки в СКВ с учетом классификационных признаков источников загрязнения. Нагрузки 1 и 2 классов носят периодический характер и описываются рядом Фурье, 3 класс является скачкообразным и описывается рядом из функций Хевисайда, а 4 класс – ударный, описываемый рядом из функций Дирака [4].

Таким образом, для идентификации состава воздуха санитарно-гигиеническим требованиям необходимо в перспективе решить ряд задач, направленных на реализацию гарантированной безопасности экипажа при любом классе химической опасности, создать технологии воздухоподготовки в СКВ, обеспечивающей стабилизацию газового состава воздуха при переменных химических нагрузках и сконструировать технологическое оборудование с разработкой методик испытаний в эксплуатационных условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонов Н.П., Голиков В.А., Фадеев В.И. Методы совершенствования автоматического управления судовыми системами кондиционирования воздуха. Учебное пособие. – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1991. – 36 с.
2. Бойко П.А. Требования международных конвенций ИМО и МОТ. Учебное пособие.: УМБ «Информ. консульт. центр», 1997. – 90 с.
3. Бюллетень «Промышленные грузы». – №285.
4. Голиков А.А. Судовые системы кондиционирования воздуха. – К.: Наукова думка, 1997. – 218 с.
5. Касаткин Р.Г., Система морской транспортировки сжиженного газа из Арктики. – ЛКИ, 2002. – 104 с.
6. Костылев И.И., Овсянников М.К. Морская транспортировка сжиженного газа. – ГМА им. Макарова, 2009. – 304 с.
7. Материалы Интерфакс Украина [http://news.zn.ua/ECONOMICS/interes\\_k\\_razrobotke\\_teo\\_stroitelstva\\_spgterminala\\_v\\_ukraine\\_proyavili\\_44\\_kompanii-84515.html](http://news.zn.ua/ECONOMICS/interes_k_razrobotke_teo_stroitelstva_spgterminala_v_ukraine_proyavili_44_kompanii-84515.html).
8. Ovchinnikov P. Ph., Golikov V.A. Modeling of the process of a person's adaption to wards the change of the surroundings. // XIX symposium on rheology (collection of abstracts). – Klaipeda: Lithuania, 1998/ - P. 50.

*У цій статті розглянуті питання щодо безпечної і безаварійної експлуатації танкерів-газовозів, де головні дії повинні бути спрямовані на забезпечення безпеки навколишнього середовища, а енергетичний комплекс танкера-газовоза, не повинен виходити із під контролю екіпажу судна, адміністрації порту, портових служб та господарств.*

**Ключові слова:** танкер-газовіз, природні та нафтові гази, безпека бункеровки, навколишнє середовище, портові господарства, купольна система, газонебезпечні зони, підготовка екіпажів.

*In this article we consider the safe and trouble-free operation of LNG carriers, where the main action should be directed to the field of security environment, and energy-range gas tankers should not be out of control of ship's crew, port authorities, port services and sectors.*

**Keywords:** LNG carriers, oil and natural gas, security bunkering, environment, portmanagement, dome system, gas hazardous areas, training of crews.

УДК 621.396.98

Баранов Г.Л., Цулая А.В., Шарко В.П.

### ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОВОЖДЕНИЯ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ ПРИЕМА СИГНАЛОВ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ

*В работе рассмотрена и обоснована новая технология получения навигационных параметров, состоящая в определении координат места положения мобильного объекта по известным значениям фазовых характеристик электромагнитной волны сигналов, принимаемых от глобальных навигационных спутниковых систем GPS или ГЛОНАСС*

**Анализ современного состояния проблемы.** Активное использование в современном судовождении приборов спутниковой навигации требует постоянного внимания к повышению точности и надежности определения координат с помощью этой аппаратуры. Принципы спутниковой радионавигации для определения координат места положения объекта [1,2] реализованы в действующих глобальных навигационных спутниковых системах (ГНСС) GPS/NAVSTAR (США) [6], ГЛОНАСС (Россия) [7]. Они же применяются в разрабатываемых и вводимых в эксплуатацию в настоящее время ГНСС GALILEO (Европейский Союз) [5], BeiDou (COMPASS) (Китай) [8], IRNSS (Индия).

Эти принципы основаны на измерениях псевдодальностей между объектом, чьи навигационные параметры определяются (навигационный объект - НО), и навигационными спутниками (НС) ГНСС. Навигационные параметры, включая также интервал времени рассогласования системных часов ГНСС и часов НО определяют [1] на основе решения системы базовых уравнений вида

$$\hat{R}_i = \sqrt{(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2 + (Z - Z_i)^2} + c\Delta T, \quad i = 1, \dots, M, \quad (1)$$

где  $i$  – номер навигационного спутника;

$\hat{R}_i$  – псевдодальность между НО и  $i$ -м НС;

$X, Y, Z$  и  $X_i, Y_i, Z_i$  - координаты, соответственно, навигационного объекта и  $i$ -го НС в геоцентрической декартовой системе координат (см. рис.1);

$c$  – скорость света;

$\Delta T$  – время рассогласования системных часов ГНСС и часов навигационного объекта;

$M$  – количество НС, определяющих минимальное число уравнений в системе (1), необходимых и достаточных для определения величин  $X, Y, Z, \Delta T$ .