



ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА

А.П. Нырков (ГУМРФ), А.А. Жиленков (КГМТУ),
С.С. Соколов (ГУМРФ), С.Г. Черный (КГМТУ)

Описан программно-аппаратный комплекс системы управления ориентацией объекта морского транспорта в эйлеровых углах. Кренование и дифференцирование объекта выполняется изменением уровня балластных вод в балластных цистернах. Предложен метод компенсации отклонений плоскости объекта от плоскости горизонта на основании вычисляемых характеристик перемещения перевозимого груза в случае возникновения внештатной ситуации, зная углы крена и дифферента.

Ключевые слова: метацентрическая высота, кренование, безопасность морского объекта, цифровая система, микроэлектромеханические датчики.

Введение

Современные системы баллаستирования, кренования и дифференцирования объектов водного транспорта не предназначены для быстрого реагирования на аварийные ситуации во время перехода, связанные с внештатным перемещением перевозимого груза. Основное их предназначение — выполнение основных функций во время стоянки в порту, при приеме груза на борт. В то же время, очевидно, что при эксплуатации объектов морского транспорта необходимо уделять особенное внимание проблеме оперативного устранения последствий ситуаций, которые негативно влияют на их уровень безопасности. Особое внимание при этом необходимо уделять контролю значения метацентрической высоты объекта, которое может быть недопустимым с точки зрения безопасности эксплуатации объекта, например, из-за неправильной загрузки или балластирования объекта, когда заявленный груз не совпадает с фактическим или неравномерно распределен. Однако, если ситуация в приведенном примере может быть предупреждена еще на стадии принятия груза, то изменение метацентрической высоты вследствие внештатного переноса груза, например, внезапного обрыва креплений стопки контейнеров, является внештатной ситуацией, угрожающей безопасности жизнедеятельности на данном объекте. И время, необходимое для устранения ее последствий в открытом море, необходимо максимально минимизировать.

Одним из способов подобной минимизации является идентификация начальных мест размещения компонентов системы элементов груза, совершивших перемещение по тем или иным причинам, либо идентификация других условий компенсации возникших отклонений в контролируемой системе. В последнем случае подобную компенсацию могут выполнять системы кренования и дифференцирования судна. Они же могут и усугублять возникшую аварийную ситуацию

в случае неправильной реакции или отсутствия таковой у их систем автоматики и потому их влияние также необходимо учитывать и корректировать.

Математическая модель идентификации поправок смещения компонентов системы элементов груза

На практике для обеспечения безопасности эксплуатации морского объекта и быстрого реагирования на чрезвычайные ситуации, связанные с изменением его крена, дифферента и ухода с курса, в результате изменения местоположения грузовых объектов, достаточно часто требуется решить задачу, обратную к задаче размещения груза: определение линейных характеристик возможного перемещения груза, зная углы крена и дифферента. Решение этой задачи требуется с целью восстановления начального положения [1]. Рассмотрим математическую модель исследуемой системы.

Расположим начало координат в центре вращения судна. Любое перемещение груза можно разложить по осям OX , OY , OZ . Начальные координаты системы грузов, которые претерпевают перемещение на судне:

$$T_1 \{x_1, y_1, z_1\}; T_2 \{x_2, y_2, z_2\}; \dots T_n \{x_n, y_n, z_n\};$$

Конечные координаты (после перемещения):

$$T_{11} \{x_{11}, y_{11}, z_{11}\}; T_{21} \{x_{21}, y_{21}, z_{21}\}; \dots T_{n1} \{x_{n1}, y_{n1}, z_{n1}\};$$

При переходе от одной системы координат с центром в O к другой, с центром в O' , и учитывая, что вектора можно разложить по базису ijk , найдется девять коэффициентов α_{dm} ($d=1,2,3$; $m=1,2,3$) [2] таких, что выполняются соотношения:

$$\begin{cases} i_1 = \alpha_{11}i + \alpha_{12}j + \alpha_{13}k \\ j_1 = \alpha_{21}i + \alpha_{22}j + \alpha_{23}k \\ k_1 = \alpha_{31}i + \alpha_{32}j + \alpha_{33}k \end{cases}$$

В результате получим искомые формулы преобразования координат:

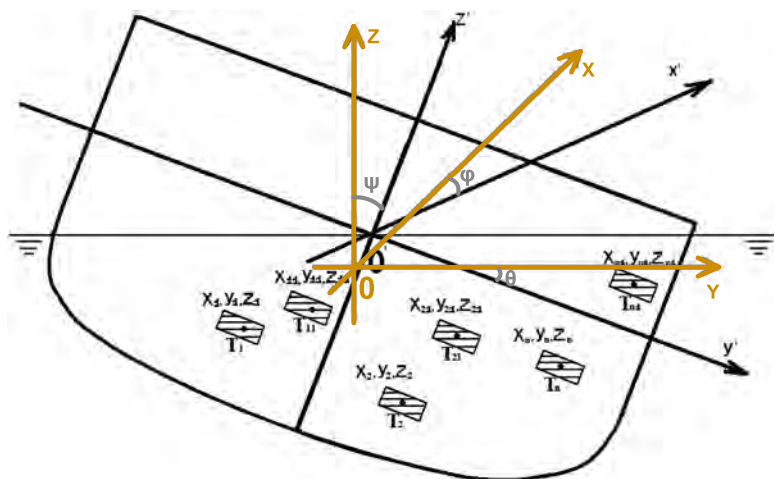


Рис. 1. Система координат объекта в углах Эйлера

$$\begin{cases} x_j = a + \alpha_{11}x_{j1} + \alpha_{21}y_{j1} + \alpha_{31}z_{j1} \\ y_j = b + \alpha_{12}x_{j1} + \alpha_{22}y_{j1} + \alpha_{32}z_{j1}, \\ z_j = c + \alpha_{13}x_{j1} + \alpha_{23}y_{j1} + \alpha_{33}z_{j1} \end{cases} \quad (1)$$

где $j=1 \dots n$.

Для нахождения коэффициентов в формуле (1) будем описывать отклонения объекта от положения равновесия в эйлеровых углах (рис. 1):

Теоретически перемещение грузовых объектов может происходить последовательно с задержками во времени и в различных направлениях. Для описания такого сценария введем поправки от смещения n -го груза по осям OX , OY и OZ соответственно: Δx_i , Δy_i , Δz_i . Введем вспомогательные обозначения: a_i , b_i , c_i — смещения начала координат по осям из O к $\bar{O}$ в результате смещения n -го груза; $\Delta \phi_i$, $\Delta \theta_i$, $\Delta \omega_i$ — изменения углов наклона координатных осей в результате перемещения n -го груза и, учитывая (1), получим следующие выражения для определения поправок:

$$\begin{cases} \Delta x_j = \Delta a_j + (\cos \Delta \psi_j - \Delta \phi_j \sin \Delta \psi_j \cos \Delta \theta_j) x_{j1} + \\ + (-\Delta \phi_j \cos \Delta \psi_j - \sin \Delta \psi_j \cos \Delta \theta_j) y_{j1} + (\Delta \phi_j \sin \Delta \theta_j) z_{j1} \\ \Delta y_j = \Delta b_j + (\sin \Delta \psi_j + \Delta \phi_j \cos \Delta \psi_j \cos \Delta \theta_j) x_{j1} + \\ + (-\Delta \phi_j \sin \Delta \psi_j + \cos \Delta \psi_j \cos \Delta \theta_j) y_{j1} + (-\sin \Delta \theta_j) z_{j1} \\ \Delta z_j = \Delta c_j + (\Delta \phi_j \sin \Delta \theta_j) x_{j1} + (\sin \Delta \theta_j) y_{j1} + (-\sin \Delta \theta_j) z_{j1} \end{cases}, \quad (2)$$

где $j=1 \dots n$.

Представленная модель может быть использована для практического прогнозирования, предупреждения, оперативного реагирования и ликвидации последствий внештатных аварийных ситуаций.

Программно-аппаратная реализация системы предупреждения аварийной ситуации

Представленная математическая модель в качестве входных переменных использует информацию об ориентации морского объекта в эйлеровых углах.

Для экспериментальных исследований и аппаратной реализации предлагаемой системы была разработана информационно-измерительная система (ИИС) ориентации объекта на основе микроэлектромеханических (МЭМС) датчиков и микроконтроллера с ARM-ядром Cortex M4 (рис. 2), образующими в совокупности нижний уровень информационно-измерительной системы [2,3]. Верхний уровень системы содержит установленную на персональном компьютере оператора программу контроля и управления. Верхний и нижний уровень системы, то есть ПК и микроконтроллер, обмениваются данными по интерфейсу RS-232.

При подаче питания на микроконтроллер, программа нижнего уровня системы, выполняемая в нем, инициализирует МЭМС-датчики — трехосевой акселерометр, трехосевой магнитометр и (опционально) трехосевой гироскоп. Показания магнитометра используются для идентификации отклонений курса объекта, то есть для слежения за его рысканьем, что является важным в ряде приложений. Сообщение с датчиками (использована микросхема LSM303DLHC) осуществляется по шине I²C. После подтверждения успешной инициализации, полученного от датчиков, микроконтроллер считывает оцифрованные данные измерений. Данные масштабируются и проходят через цифровые фильтры низких частот, реализованные фильтрами с бесконечной импульсной характеристикой. Параметры фильтров промоделированы и подобраны в пакете MATLAB (рис. 3). После фильтрации данные используются в подпрограмме вычисления эйлеровых углов ориентации объекта.

Данные акселерометра и магнитометра — это проекции, воздействующих на них сил (притяжения, магнитного поля земли) на соответствующие оси датчиков, поэтому углы отклонений от плоскости земли и линии магнитного поля вычисляются по полученным шести проекциям сил.

Дифферент определяется в системе как угол между осью X , направленной вдоль диаметральной плоско-

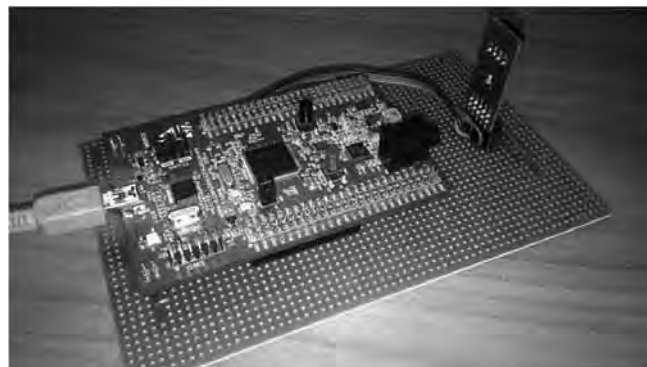


Рис. 2. Отладочный макет подсистемы нижнего уровня разрабатываемой ИИС

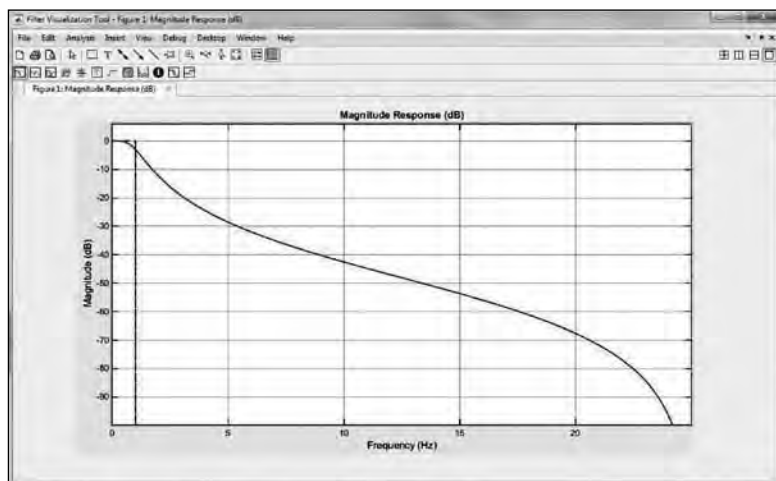


Рис. 3. Моделирование фильтра низких частот в пакете MATLAB

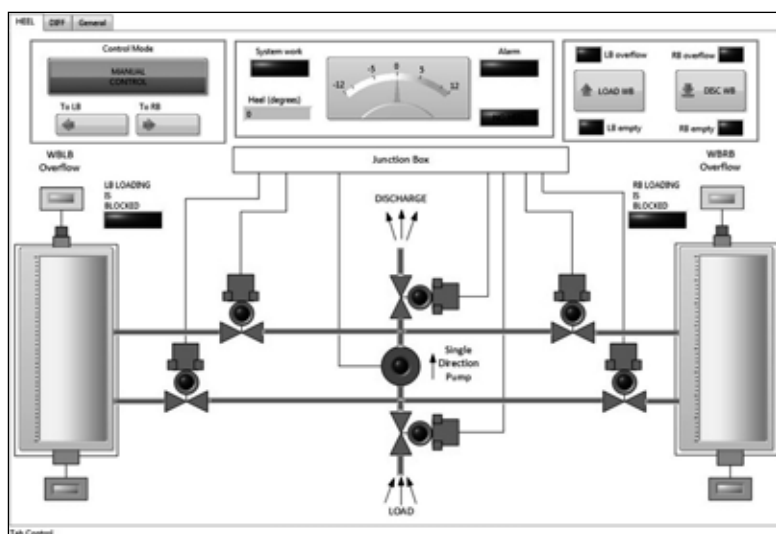


Рис. 4. Мнемосхема контроля и управления креном в разработанной АСУ балластной системы морского объекта

сти судна, и плоскостью горизонта. Данный угол изменяется в диапазоне $0...90^\circ$ при вращении вокруг оси Y (лежит в плоскости параллельной плоскости мидель-шпангоута), когда ось X направлена вверх относительно плоскости горизонта, и в диапазоне $0...-90^\circ$, если она направлена вниз относительно горизонта.

Крен определяется как угол между осью Y и плоскостью горизонта. Данный угол изменяется в диапазоне $0...90^\circ$ при вращении вокруг оси X , когда ось Y направлена вниз относительно плоскости горизонта, и в диапазоне $0...-90^\circ$, если она направлена вверх относительно горизонта.

Если угол дифферента равен $\pm 90^\circ$, угол крена приравнивается к 0, чтобы избежать сингулярности в результате деления на ноль. Функция арксинуса имеет хорошую линейность в пределах $45...-45^\circ$, поэтому точность вычисления ухудшается, когда отклонение выходит за границы данного диапазона, что для морского объекта в реальных условиях невозможно [1].

В вычислениях не используется проекция на ось Z акселерометра, однако его можно использовать при

вычислении амплитуды $|A| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$, которая при отсутствии внешних ускорений, кроме ускорения свободного падения, равна единице. Если данное значение не равно единице, то к датчику приложено линейное или угловое ускорение [2].

Интерфейс пользователя разработанной ИИС показан на рис. 4. Программа верхнего уровня ИИС реализует функции отображения информации в удобном и информативном для пользователя виде [4]:

- трехмерным изображением объекта в фиксированных относительно горизонта осях;

- графиками сигналов отклонения в режиме самописца;

- показаниями стрелочных приборов.

Программа может быть использована в составе инерциальных навигационных систем и систем динамического позиционирования морских объектов для выполнения функций контроля и мониторинга. А также как часть комплекса контроля и управления двухмассовыми буксировочными системами, например, типа «судно — трал»; системами типа «судно-трубоукладчик — труба»; судовыми гиросtabilизированными платформами и т.п., где необходимо слежение за ориентацией судна в пространстве.

Реализация системы оперативной компенсации отклонения морского объекта от горизонтальной плоскости

Приведенные выше система ориентации объекта и математическая модель идентификации поправок смещения компонентов системы элементов груза были использованы при разработке комплексной автоматической системы управления балластной системой морского объекта с функциями контроля и управления метацентрической высотой объекта, креном объекта, дифферентом объекта.

Интерфейс пользователя программы, установленной на рабочем месте оператора и входящей в систему, приведен на рис. 4–5.

Компенсация отклонений плоскости объекта от плоскости горизонта и балластировка производится за счет управления количеством жидкости в балластных цистернах: бортовых, кормовых и носовых. Система позволяет работать в автоматическом и ручном режимах [1, 5]. Выбор режима осуществляется для систем кренования и дифферентования отдельно. Перекачка жидкости осуществляется насосом постоянной производительности в одном направлении. Набор и спуск цистерн осуществлен за счет изменяемой конфигурации рабочих клапанов. Каждая цистерна имеет отводы для спуска и набора жидкости

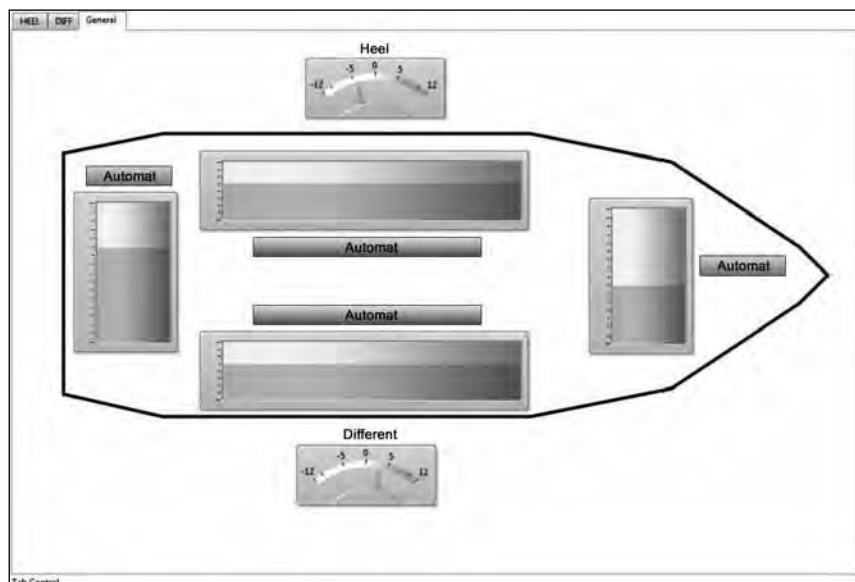


Рис. 5. Мнемосхема мониторинга общего состояния элементов системы в разработанной АСУ

с соответствующими электромеханическими клапанами. Оператор может работать с фиксированным объемом воды, перекачивая ее из одной цистерны в другую, добирать балласт за счет заборной воды во все или одну конкретную цистерну, а также осуществлять сброс балласта за борт.

В автоматическом режиме система начинает работать при превышении отклонением величины $1,5^\circ$ и отсутствии сработавших защит.

В перечень основных входят защиты по нижнему и верхнему уровням жидкости в балластных цистернах, а также блокировка набора балласта на тот борт, где крен превышает 12° .

Полевые испытания системы проходили на пароме ГСК «Керченская паромная переправа». Как выяснилось, паром «А» имеет заводской брак в виде постоянного крена в ненагруженном состоянии, который усугубляется при загрузке.

Паром «В» большую часть рейсов совершает с креном свыше $2...5^\circ$ (рис. 6).



Рис. 6. Иллюстрация к наличию крена на пароме «В»

Паром «С», являясь наиболее вместительным из трех рассмотренных паромов, также показал проблемы с креном и дифферентом в подавляющем большинстве совершаемых в сутки рейсов в связи с ярко выраженной поликомпонентностью и разнородностью перевозимого груза.

Равномерное распределение груза на пароме «С» затруднено в связи с большой площадью распределения компонент системы грузов, имеющих различные характеристики.

Разработанная система испытывалась не только в статике, когда паром уже загружен и компоненты системы груза не перемещаются, но и в динамике перемещения груза, в период, когда паром загружается и значения крена и дифферента выходят за допустимые пределы, создавая не только неудобства в процессе погрузки, но и оказывая негативное влияние на механизмы паромы, например, аппарат, увеличивая износ ее механической части и элементов ее электропривода [6, 7].

Последнее хорошо иллюстрирует рисунок 8, где видно, что аппарат касается причала только правым краем и при погрузке очередного грузового автомобиля аппарат и ее крепления испытывают существенные деформации, вызывающие периодические поломки.

Паромы, курсирующие по маршруту «порт Крым — порт Кавказ», могут ходить с углами крена и дифферента в связи с отсутствием развитой системы автоматического управления баллаستировкой. Имеющиеся на всех исследованных паромы балластные системы состоят из танков и в лучшем случае отдельного ручного управления по каждой из цистерн, что делает их использование полностью непригодным в особенности в условиях повышенного грузопотока, когда времени на дополнительные столь затратные (по времени) операции попросту нет.

Дополнительным негативным фактором является отсутствие на исследованных паромы соответствующей контрольно-измерительной аппаратуры. Устаревшие инклинометры на капитанском мостике не позволяют оператору, производящему оперативное управление балластом на одной из цистерн, непосредственно и самостоятельно контролировать текущий крен и дифферент судна. На одном из паромов в связи с этим возле поста управления уровнем жидкости в цистерне был установлен элементарный отвес — нить с грузом и линия нулевого крена.

Согласно показаниям, угол крена не превышает 1° в автоматическом режиме кренования, что наблюдалось на всех исследованных парамах.

Вывод

Разработанная модель в совокупности с реализованной автоматической системой контроля и управления ориентацией объекта в эйлеровых углах позволяет оперативно компенсировать нежелательные отклонения объекта от горизонтальной плоскости и метацентрическую высоту, то есть осадку объекта при различной его загрузке.

Проведенные эксперименты на основе управления ориентацией объекта посредством его баллаستировки продемонстрировали высокие показатели, включая точность ориентации и удобство контроля и управления, так как их стало возможным производить оперативно и централизованно непосредственно с мостика. Это к тому же снижает негативное влияние человеческого фактора на процесс обеспечения безопасности жизнедеятельности объекта морского транспорта [7].

При модернизации инфраструктуры порта паромной переправы, когда станет возможной автоматизированная идентификация массогабаритных характеристик погружаемых объектов, и с помощью модели (2), возможно производить распределение погружаемых на конкретный паром объектов

из расчета его равномерной загрузки в реальном времени.

Список литературы

1. Соколов С.С. Построение информационного обеспечения безопасной эксплуатации судна при помощи автоматизации управления размещением груза и реагирования на внештатные ситуации // Вестник ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова. СПб.: ГУМРФ. 2014. Вып. 4. 214 с., С. 183-189.
2. Ильин, В.А., Позняк, Э.Г.. Аналитическая геометрия: Уч. для вузов. 5-е издание. М.:Наука. Физматлит, 1999. 224 с. (Курс высшей математики и мат. физики). (Вып.3).
3. Черный С. Г., Жиленков А. А. Идентификация внешних параметров сигналов для экспертных подсистем в составе устройств судовых электроэнергетических систем // НТВ СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2014. № 3(198). С. 28-36.
4. Chernyi S. The implementation of technology of multi-user client-server applications for systems of decision making support//Metallurgical and Mining Industry. 2015. Vol. 3. P.60-65
5. Нырклов А.П., Жиленков А.А., Черный С.Г. Оценка надежности и эффективности распределенных систем буровых установок // Автоматизация в промышленности. 2015. № 6. С. 51-53.
6. Zhilenkov A., Chernyi S. Investigation performance of marine equipment with specialized information technology // Energy Procedia. 2015. Vol. 100. P.1247-1252.
7. Коровин А.Г. Разработка методов влияния человеческого фактора на безопасность судна // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2010. № 10. С. 31-36.

*Нырклов Анатолий Павлович — д-р техн. наук., профессор,
Соколов Сергей Сергеевич — канд. техн. наук, доцент кафедры комплексного обеспечения*

информационной безопасности ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова

Жиленков Антон Александрович — канд. техн. наук, доцент,

Черный Сергей Григорьевич — канд. техн. наук, доцент кафедры электрооборудование судов и автоматизация производства Керченского государственного морского технологического университета

E-mail: NyrkowAP@gumrf.ru zhilenkovanton@gmail.com

AMD совместно с Associated Press развивает журналистику нового поколения в формате виртуальной реальности

Компания AMD вместе с Associated Press (AP) запускает новый канал виртуальной реальности, развивая формат журналистики нового поколения. В рамках сотрудничества между компаниями AP будет использовать графические технологии AMD Radeon для создания реалистичных VR-сред для иллюстрации новостей и документального контента, а AMD предоставит необходимые аппаратные платформы и программные технологии, а также поделится своей экспертизой в области VR, чтобы помочь создать виртуальную реальность в видео на 360° для материалов AP.

Журналистика в формате VR открывает новую эпоху захватывающих и действительно погружающих новостей, способных перенести человека в самое сердце происходящих в мире событий. Идет ли речь о постановке или реальных событиях, виртуальная реальность поможет изучить другое время и место так, как будто мы действительно там побывали. Начиная от воспроизведения криков и плача, до просмотра церемоний и парадов VR-журналистка предлагает редкую возможность изучить весь мир, не выходя из дома.

Ожидается, что 2016 г. будет годом, когда виртуальная реальность волеется в нашу жизнь. VR-шлемы, а также оборудо-

вание и ПО с поддержкой VR будут предложены широкой аудитории. Люди начнут взаимодействовать с виртуальной реальностью и раскрывать ее практически бесконечный потенциал, включая возможность виртуально перенестись в другой мир. Технологии графики AMD Radeon с архитектурой Graphics Core Next и средой для разработки ПО AMD LiquidVR нацелены на то, чтобы создать превосходный эффект виртуальной реальности как эмоционально, так и интеллектуально вовлекая зрителей.

С помощью AMD LiquidVR достигается впечатляющая производительность VR, поддерживается комфортность виртуальной среды и возможность plug-and-play подключения шлемов VR. ПО для графики AMD такое, как LiquidVR, и аппаратные подсистемы, включая графические решения AMD Radeon, позволяют разработчикам и создателям контента добиться реалистичного эффекта присутствия в среде VR.

Редакторы AP получают полный контроль над контентом, который будет транслироваться через новый канал AP с виртуальной реальностью, работающий на базе графики AMD Radeon.

[Http://www.amd.com](http://www.amd.com)