**ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ В USBL-СИСТЕМАХ**

USBL (англ. ultra-short baseline) – это технология позиционирования, которая позволяет обнаруживать акустические (звуковые) сигналы с помощью массива гидрофонов для расчета дальности и направления на источник акустических сигналов на основе времени приема звуковой волны на каждом гидрофоне.

Предполагается, что буй подвергается волновым возмущениям, что приводит к угловым отклонениям относительно мировой системы отсчета выраженных терминологии Эйлера как , и для крена, тангажа и рысканья, соответственно.

Положение буя в мировой системе координат определяется как , и . Последняя величина определяется относительно уровня моря и представляет собой глубину буя, определяемую при помощи цифрового датчика давления.

Положение USBL-системы является ключевым моментов в пересчете координат наблюдаемого объекта. Определить его возможно при помощи GPS или ГЛОНАС систем, расположенных либо на базовой станции, либо непосредственно на USBL-буе. При этом требуется преобразование долготы и широты в прямоугольную метрическую систему координат для последующей обработки. Прямоугольные координаты точек в пространстве можно вычислить по известным геодезическим координатам этих точек (широта , долгота , высота ) по формулам

,

,

где – радиус кривизны первого вертикала,

где и – экваториальный (большая полуось) и полярный радиусы (малая полуось), соответственно, – квадрат первого эксцентриситета эллипсоида.

Как правило, USBL-системы возвращают величину наклонной дальности (slant range), угол курса (bearing angle) и угол наклона (elevation angle). Для повышения точности позиционирования подводных объектов требуется аппаратная надстройка, позволяющая определять углы наклона и курса USBL-буя, которая именуется как AHRS (Attitude and Heading Reference System).

Объект

USBL

Рисунок 1 – Определение смещения до объекта

Используя элементарные тригонометрические выражения, возможно получить выражения для горизонтального и вертикального смещений как

,

,

где – горизонтальная дальность (horizontal range), – наклонная дальность (slant range), – вертикальная дальность (vertical range), – угол курса (bearing angle).

Вертикальную дальность возможно определить по скалярной величине глубины USBL-буя и позиционируемого объекта по следующему выражению

,

где – матрица поворота относительно оси OX,

– матрица поворота относительно оси OY.

С учетом того, что USBL-буй возвращает дальности и азимутальные углы в собственной системе отсчета, требуется коррекция по угловым отклонениям.

USBL

Север

Рисунок 2 – Разделение систем координат

Положение объекта определяется выражениями

,

,

,

Про углы

Комплементарный фильтр

Выходы акселерометра (нормированные): , , .

Выходы гироскопа: , , .

, ,

, ,

где – коэффициент фильтра.

Угол курса определяется из показаний магнетометра как