

Д.В. Ботавин, А.К. Ильясов

Московский государственный университет

**Методика определения проектного уровня воды
спутниковыми методами (на примере участка русла р. Лены)¹**

В рамках двухлетнего договора с Администрацией ленского бассейна в 2012-13 гг. сотрудниками «АНИКО П» проведены работы на участке р. Лены от Кыллахского «разбоя» до устья р. Виллюй. Одной из задач явилась «... методика определения положения проектного уровня воды на основе высокоточных методов спутникового позиционирования».

В 2012 г. выполнены работы от Табагинского мыса до устья Виллюй, где измерения носят сплошной характер. В 2013 г. работы проведены на участке от Кыллахского «разбоя» до Табагинского мыса, где измерения выполнены на трёх участках, лимитирующих судоходство: с. Кыллах – с. Солянка, с. Хатынг-Тумул – с. Кытыл-Дюра, с. Чкалов – Табагинский мыс.

При использовании систем спутникового позиционирования для приведения глубин к проектному уровню в любой точке необходимо установить вдоль реки связь между нормальными (Балтийская система) и геодезическими (WGS-84) высотами. Для этого на исследуемых участках проведены спутниковые измерения на пунктах государственной геодезической сети (ГГС), по которым получены параметры перехода от WGS-84 к Балтийской системе. Определение высотного положения профиля при рабочих уровнях воды выполняются относительными способами спутникового позиционирования. При их использовании относительно опорных точек с известными координатами определяется вектор – приращения координат ΔB , ΔL , ΔH . Для этого нами использован способ быстрой статики.

Изначально разбивалась съёмочная сеть, состоящая из пунктов на местности с расстояниями между ними от 50 до 200 км. Пункты съёмочной сети определялись относительно пунктов ГГС и постоянно действующего пункта IGS (International GNSS System) в г. Якутске. Измерения также проводились на реперах и сваях водопостов, для которых имелись отметки в Балтийской системе высот. Пункты съёмочной сети являлись временными. Развитие съёмочной сети, как и опорной, производилось способом статики. Съёмка выполнялась синхронно; время наблюдений – более 30 минут.

На исследуемом участке реки Лены проектный уровень воды (ПУВ) закреплён по всем водомерным постам. Помимо этого, на участке от Титаринского переката до д. Батамай, существует изыскательская сеть реперов для которых известно их превышение над ПУВ. Также использованы некоторые пункты полигонометрии. Во время полевых работ заложены дополнительные репера на лимитирующих перекатах и участках

¹ Работа выполнена по гранту Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проекты НШ-79.2012.5 и НШ-1010.2014.5) и молодых российских учёных – кандидатов наук (проект МК-1375.2013.5).

реки Лены. На все этих пунктах выполнены спутниковые измерения относительно пунктов съёмочной сети.

Относительно пунктов съёмочной сети способом быстрой статики определялись высотные положения урезных кольев. Расстояние между кольями вдоль судового хода варьировалось в зависимости от сложности участка. На перекатах оно составляло 2-3 км, на плёсах – 5-6 км. Измеренные отметки урезных кольев за разные дни на столь протяжённом участке приводились к единой кривой с помощью поправок, полученных по временным и постоянно действующим водомерным гидрологическим постам.

В итоге для участка реки Лены от острова Кыллах до устья Вилюя на лимитирующих перекатах получены кривые рабочего уровня, а также подготовлен каталог урезных точек с координатами и отметками ПУВ в измеренных пикетах, как в геодезических высотах системы WGS-84, так и в нормальных высотах Балтийской системы.

Для определения величины срезки необходимо использовать кривую ПУВ в абсолютных высотах, полученных для лимитирующих судоходство участков реки Лены и спутниковые измерения. На требуемом участке реки на урезе рабочего уровня выполняются спутниковые измерения способом статики относительно ближайшего репера, который приведён в каталогах реперов. По выполненным измерениям в программе обработки рассчитывается высотная отметка уреза рабочей поверхности. По её пространственному положению необходимо определить соответствующую точку на кривой ПУВ. Согласно отметке рабочего уровня и отметки ПУВ рассчитывается разница, которая является требуемой срезкой.

При постоянном использовании относительных способов спутникового позиционирования для передачи высот на дальние расстояния при изысканиях вообще можно ограничиться только точками съёмочной сети, тем самым сократив густоту реперной сети вдоль реки, сохранив ее только на сложных перекатах. Предложенная методика, основанная на преимуществах спутникового позиционирования, позволяет определить срезку даже при отсутствии реперов.

Недостатком по качеству полученной связи послужили высокие уровни, которые имели место в период выполнения полевых работ как в 2012, так и в 2013 гг. Величина срезки – превышение рабочего уровня над проектным, достигала 3-5 м и более. Таким образом, кривая рабочей водной поверхности получена в условиях не соответствующих для определения кривой ПУВ, при которых разница между ними не должна превышать 30 см. Из-за этих условий также невозможно было точно рассчитать превышения над ПУВ для новых заложенных реперов и они получены методом интерполяции между известными отметками водопостов и изыскательских реперов. Несмотря на невозможность получения точной кривой при ПУВ, расчётными методами удалось определить высотное положение ПУВ на лимитирующих судоходство участках от Кыллаха до устья Вилюя. В виду сложившихся сложных гидрологических условий необходимо в будущем уточнить положение кривой водной поверхности на этом участке.