

8 ЗИМНИЙ РЕЖИМ РЕК

8.1 Изучение зимнего режима рек

8.2 Виды ледовых явлений

8.3 Изыскания, проводимые с целью определения ледового режима реки

8.4 Гидрологические характеристики, которые необходимо учитывать при проектировании переходов через водотоки

8.1 Изучение зимнего режима рек

Образование на реках в зимнее время ледяного покрова изменяет режим течения. Особенности зимнего режима рек и, в частности, ледохода необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации мостовых переходов. Эти особенности могут повлиять на состав и характер работ уже на стадии изысканий. Например, измерения глубин и бурение скважин для описания геологии оснований можно проводить со льда, что проще и не требует дополнительного оборудования.

В период строительства целый ряд работ при определённых условиях также может проводиться со льда. В инженерной практике были даже случаи закладки и строительства подводной части промежуточных опор мостов зимой путём искусственного промораживания вокруг них реки до дна.

И конечно, в проекте должны быть учтены условия эксплуатации: давление льда на опоры, сроки пропуска льда через пролёты мостов и размеры ледяных полей, влияние заторов и зажоров.

Зимний режим и условия его протекания зависят от географического положения и климата бассейна. Реки юга России или не замерзают совсем, или замерзают только в отдельные годы и на короткий срок. Реки средней полосы замерзают на несколько месяцев, например, Волга покрывается льдом на полгода. Наиболее долго скованы льдом реки бассейна Северного Ледовитого океана, некоторые из них – до восьми месяцев.

8.2 Виды ледовых явлений

Ледовый покров вначале возникает на мелководье: у берегов, в заливах. На неглубоких местах с малыми скоростями течения вода охлаждается наиболее интенсивно. Образуются забереги.

Забереги – полосы льда вдоль берегов. Ширина заберегов растёт, пока отдельные участки не смыкаются.

Полыньи – участки реки без ледяного покрова. Они характерны для участков с быстрым течением (перекатов) или с выходом тёплых масс (тёплых ключей). Полыньи могут сохраняться в течение всего зимнего периода.

На перекатах переохлаждение воды с интенсивным перемешиванием может привести к образованию кристаллов внутриводного льда. *Внутриводный лёд* – это лёд, образующийся на открытых участках реки с быстрым течением. Внутри водного потока образуются отдельные кристаллы.

Ниже по течению отдельные кристаллы слипаются, образуя *шугу* – комья губчатого льда. Шуга обычно плывёт по поверхности. Ниже места образования она может останавливаться на участках с медленным течением, у поворотов реки. Слипаться с

ледяным покровом, постепенно накапливаясь и уплотняясь. *Зажор* – скопление остановившейся шуги с включением мелкого льда. Зажор перекрывает часть или всё живое сечение реки. Образовавшееся местное сопротивление вызывает подъём уровня воды перед зазором и его падение ниже по течению. Приход зазора с такими перепадами уровней к створу мостового перехода вызывает большие горизонтальные нагрузки на мост из-за высокого перепада уровней и деформацию подмостового русла вплоть до подмыва оснований опор.

Ледостав – образование сплошного или с полыньями ледяного покрова. Неодновременность ледостава на разных участках может привести к ломке, нагромождению льдин, к образованию *торосов*.

Толщина ледяного покрова увеличивается в течение всей зимы до начала периода снеготаяния. На большинстве рек она достигает 0,5-1,5 м. На северных реках толщина льда доходит до 2,5-2,8 м. Максимальную толщину льда определяют измерением, а в противном случае можно воспользоваться формулой

$$h_{л} = 2\sqrt{T_{max}}, \quad (8.1)$$

где $h_{л}$ – толщина льда, см; T_{max} - наибольшее значение среднесуточных отрицательных температур за период от ледостава до вскрытия, °С.

Для оценки необходимой толщины льда, выдерживающей вес экскаваторов, может быть использована формула М.М. Порфирьева

$$h_{л} = (13 \div 15)\sqrt{P}, \quad (8.2)$$

где P – собственный вес размещаемых на льду экскаваторов при отсутствии майны [1].

К моменту освобождения от льда, т.е. вскрытия, толщина льда уменьшается на 20-30%. Однако при статическом расчете мостовых опор на давление льда при первой весенней подвижке принимается максимальная толщина льда. Прочность льда зависит от колебаний температуры – она увеличивается при сильных морозах и резко падает в оттепели.

Колебания уровня в реке, деформации льда от изменений температуры и под воздействием ветровых нагрузок приводят к образованию трещин. Если пьезометрическая линия оказывается выше верхней кромки льда, то часть ледяного покрова заливается выходящей через трещины водой. Вода, замерзшая на поверхности льда, образует наледи.

Малые реки в условиях сурового климата могут промерзнуть до дна. При промерзании реки до дна часто можно наблюдать такое явление. Грунтовая вода поднимает лёд, и на поверхности образуются бугры. Давление воды растёт, и, на конец, лёд «взрывается»: куски льда разбрасываются в разные стороны, а накопившаяся вода разливается по ледяной поверхности.

Неоднократные наслоения наледей намного превышают отметку ледяного покрова. Такие образования способны перекрывать большую часть отверстий труб и мостов, вплоть до полной их забивки. Мощная ледяная толща наледей сохраняется дольше снежного покрова в бассейне реки. Талые воды проходят по наледи при искусственно завышенном уровне.

Период вскрытия начинается с весенним потеплением. Увеличение расхода реки и соответствующий рост уровня поднимают ледяной покров. Горизонт, при котором начинается *первая подвижка*, можно предсказать, исходя из следующих соображений.

Осенью река замерзает на некотором уровне. Затем, вследствие уменьшения питания, уровень воды падает. Вместе с уровнем опускается и лёд. Когда весной уровень воды опять повышается, лёд поднимается до уровня ледостава, но ещё не трогается, так как берега мешают его движению. Только когда уровень поднимается ещё на толщину льда, у берегов образуются свободные от льда пространства воды - *закраины*, и лёд может двигаться. Первая подвижка льда почти не заметна. Она обычно продолжается недолго, и лёд продвигается иногда всего на несколько десятков сантиметров. Затем наступает вторая подвижка, третья, и начинается сплошной ледоход.

Ледоход – движение льдин по всей реке или на значительных её участках, обусловленный нарастанием горизонта и крошением ледяных полей.

Затор льда – нагромождение льдин во время ледохода в сужениях, излучинах русла реки, на мелях и других местах, где их проход затруднен, вызывают подъём уровня воды.

Ледовые явления на реках оказывают существенное влияние на положение уровня воды, нарушая таким образом, функциональную зависимость уровня от расхода. Существенно искажают эту связь заторы, зажоры, шугоход, ледоход, ледостав.

8.3 Изыскания, проводимые с целью определения ледового режима реки

Ледовый режим реки может быть выяснен:

- по материалам постоянных водомерных постов;
- путём опроса старожилов;
- по наблюдениям самих изыскателей.

Во время изысканий необходимо установить:

- максимальную толщину льда;
- уровни подвижки льда и начало ледохода;
- интенсивность ледохода по ширине разлива реки при высоких водах;
- размеры плавучих льдин;
- причины образования и местоположения заторов льда;
- места промерзания реки до дна;
- места образования наледей.

8.4 Гидрологические характеристики, которые необходимо учитывать при проектировании переходов через водотоки

К гидрологическим параметрам, которые необходимо учитывать при проектировании переходов через водотоки относятся:

- ледовые нагрузки на опоры мостов;
- воздействие ледохода и пойменного льда;
- заторы в руслах рек;
- толщину ледяного покрова рек;
- наледи речные и на склонах водосборов.

Опоры мостов рассчитывают на следующие ледовые нагрузки:

- от термического расширения сплошного ледяного покрова;
- от ударов отдельно плывущих льдин во время весеннего ледохода;
- от заторных и зажорных явлений;
- от сплошного навала ледяного поля на опоры моста под влиянием ветра или течения;
- от примерзшего к опорам ледяного покрова при колебании уровня воды в зимний и весенний периоды;
- трение льда о поверхность опор при ледоходе.

Литература

1. Аношкин Г.С., Дударов В.К. Фундаменты опор инженерных сооружений и зданий для Западной Сибири. – Л.: Стройиздат, ЛО, 1978. – 160 с.