

обусловленные процессами, частота и амплитуда которых изменяются со временем. Как было пояснено выше, для музыкальных звуков является характерным линейчатый акустический спектр. В шуме, если попытаться разложить его на гармонические колебания, обнаруживаются колебания всех частот, вплоть до очень высоких частот порядка 13 000—14 000 *гц*. На рис. 169 представлен в качестве примера спектр шума бунзеновской горелки.

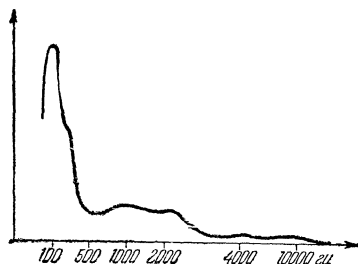


Рис. 169. Спектр шума бунзеновской газовой горелки.

§ 69. Явление Доплера

Когда мы находимся на платформе железнодорожной станции, мимо которой проносится поезд, легко заметить резкое понижение высоты звука гудка паровоза, что свидетельствует об уменьшении частоты звука. Изменение тона наблюдают в тот момент, когда паровоз, поравнявшись с

наблюдателем, начинает удаляться. Причина описанного явления, называемого явлением Доплера, заключается в том, что при приближении источника каких-нибудь волн к наблюдателю приходит большее число волн в секунду, чем когда источник колебаний удаляется. Это приводит к тому, что наблюдатель воспринимает большее число колебаний в секунду, когда источник приближается к нему, и меньшее, когда удаляется.

Пусть источник звука S движется (рис. 170) к наблюдателю со скоростью v м/сек. Источник звука посылает звуковые колебания с частотой ν . Следовательно, за $\frac{1}{\nu}$ сек. источник S посылает одну волну, распростра-

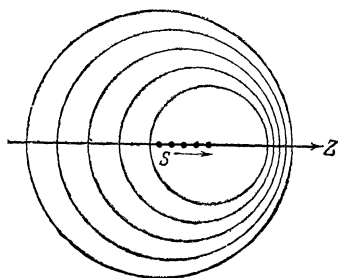


Рис. 170. Волны движущегося источника звука.

няющуюся с некоторой скоростью c . За время $\frac{1}{\nu}$ источник S приближается к наблюдателю на величину $v \cdot \frac{1}{\nu}$ м. Следовательно, конец следующей волны, исходящий от источника через $\frac{1}{\nu}$ секунд, будет отделен в пространстве от конца предыдущей волны на расстоянием $\lambda = \frac{c}{\nu}$ (длина волны), как это было бы в случае неподвижного источника, а меньшим:

$$\lambda' = \frac{c}{\nu} - \frac{v}{\nu} = \frac{c-v}{\nu}.$$

Таким образом, наблюдатель будет воспринимать звук меньшей длины волны λ' . Соответствующая частота

$$\nu' = \frac{c}{\lambda'} = \frac{\nu}{1 - \frac{v}{c}}. \quad (9)$$

Легко вывести аналогичным образом, что если источник звука удаляется со скоростью v , то воспринимаемая наблюдателем частота равна:

$$\nu' = \frac{\nu}{1 + \frac{v}{c}}. \quad (9')$$

Если рассматривать движение наблюдателя к источнику звука, то вследствие более частых «встреч» с гребнями волн частота воспринимаемых колебаний увеличивается.

Пусть наблюдатель движется к источнику звука со скоростью v м/сек. Тогда скорость звука относительно наблюдателя будет равна $c + v$ и мимо наблюдателя в единицу времени пройдет ν' волн, причем, как обычно,

$$\nu' = \frac{c + v}{\lambda};$$

с другой стороны,

$$\nu = \frac{c}{\lambda};$$

таким образом,

$$\nu' = \nu \left(1 + \frac{v}{c} \right). \quad (10)$$

При движении наблюдателя от источника получим соответственно:

$$\nu' = \nu \left(1 - \frac{v}{c} \right). \quad (10')$$

Все формулы, относящиеся к указанным случаям, при малых значениях скорости v делаются тождественными. Именно

$$\nu' = \nu \left(1 \pm \frac{v}{c} \right), \quad (11)$$

где знак минус соответствует удалению, а плюс — сближению наблюдателя и источника со скоростью v .

§ 70. Звук как психофизиологическое явление. Механизм звукового восприятия

Обратимся к субъективному восприятию звука. Здесь прежде всего необходимо отметить, что не каждый доходящий до уха колебательный процесс может вызвать ощущение звука: для этого необходимо, чтобы частота процесса и сила звука не выходили за