

## Резервированные оптические усилители

Для повышения надёжности оптического усилителя применяют дублирование его составных частей. Наиболее простые варианты дублирования [1] приведены на рис. 1. Схема, показанная на рис. 1, а, содержит лазеры 1 и 2 накачки усилителей A1 и A2 на основе легированных эрбием оптических волокон, концентратор C со структурой  $2 \times 2$  и два сумматора S1 и S2 излучения накачки с сигналами данных. Описания этих элементов содержатся в [2]. Сигналы между портами Q1 и Q2 резервированного усилителя могут быть однонаправленными или двунаправленными.

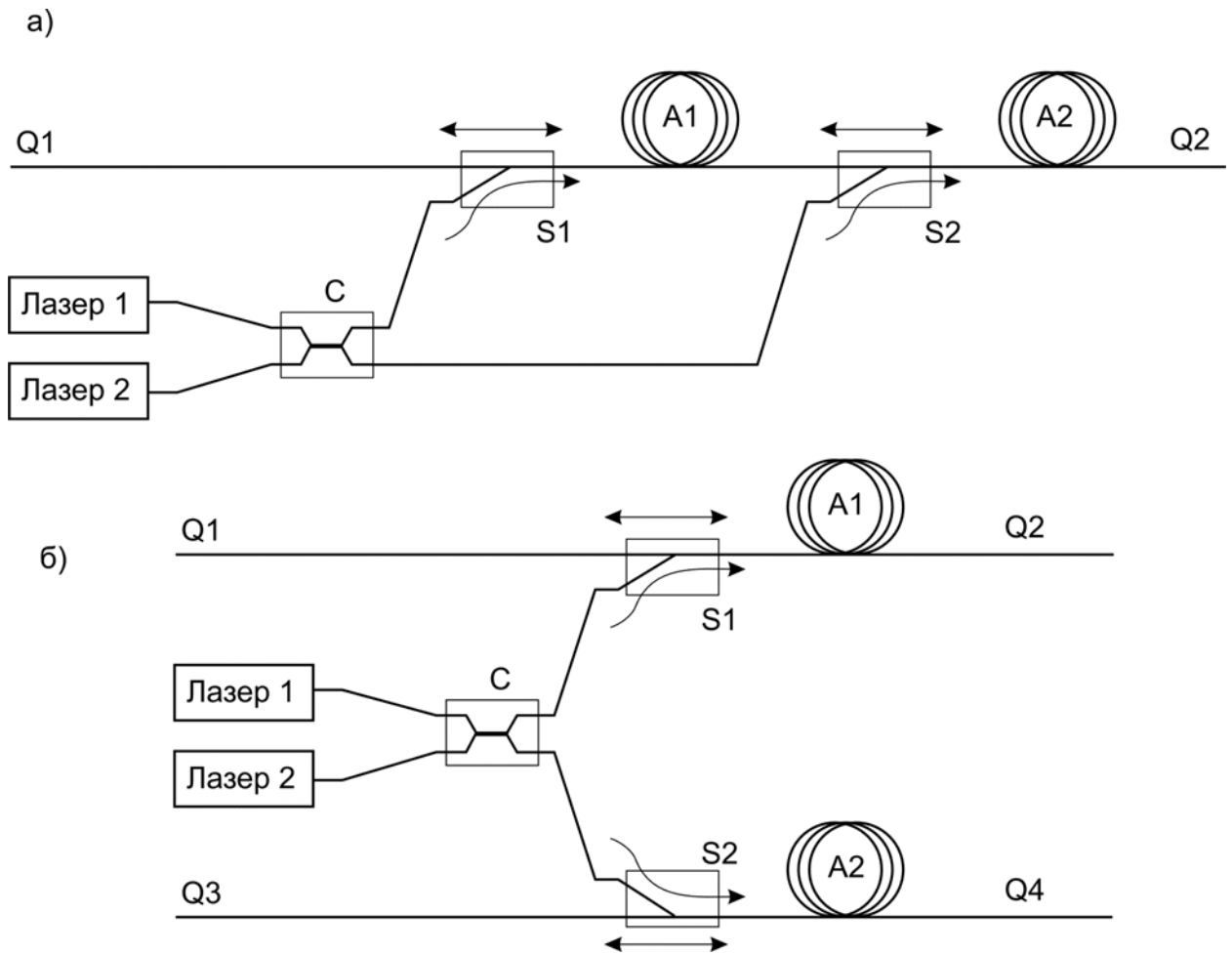


Рис. 1. Повышения надёжности оптических усилителей дублированием лазера накачки в схеме двунаправленной передачи данных: а — по одной линии; б — по двум линиям

Сигналы накачки усилителей A1 и A2 формируются сложением лучей лазеров 1 и 2 и разделением полученного суммарного сигнала на две равные части. Если мощность каждого сигнала с выхода лазера равна  $P$ , то после сложения и деления на два в концентраторе C в каждый усилитель поступает такая же мощность  $P$ . Если один из лазеров отказал, то мощность накачки каждого усилителя уменьшается в два раза и составляет  $P/2$ . Если лазеры в исходном состоянии работали не на полную мощность, а с двукратным запасом, то после отказа одного из лазеров мощность второго может быть повышена вдвое, чтобы компенсировать потери излучения накачки. Соответствующая аппаратура перераспределения мощности на рисунке не показана.

Схема, показанная на рис. 1, б, обслуживает два независимых однонаправленных или двунаправленных канала передачи данных.

В схеме, приведенной на рис. 2, для накачки усилителей использованы четыре лазера. Линии передачи данных однонаправленные. Для уменьшения шумов, которые могут

распространяться в направлении, противоположном направлению передачи данных, введены оптические изоляторы (элементы с односторонней проводимостью оптического сигнала) R1 и R2.

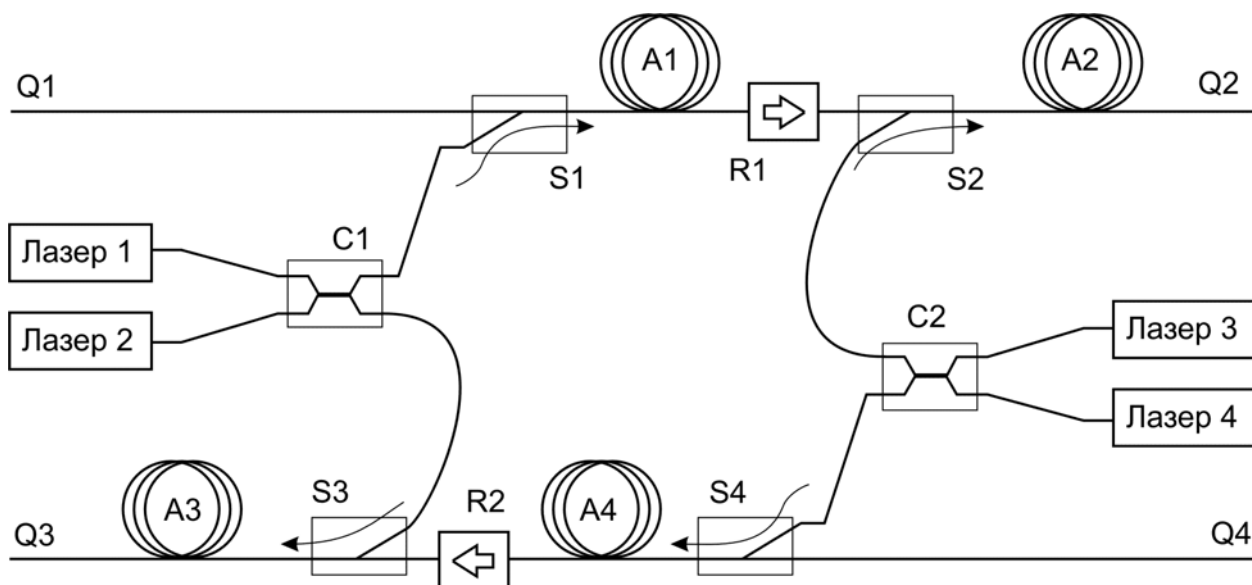


Рис. 2. Усовершенствованный усилитель, первый вариант

Отказ одного из лазеров (например, лазера 2) вызывает снижение уровня накачки одного усилителя (A1) входного каскада и одного усилителя (A3) выходного каскада линии противоположного направления передачи сигнала.

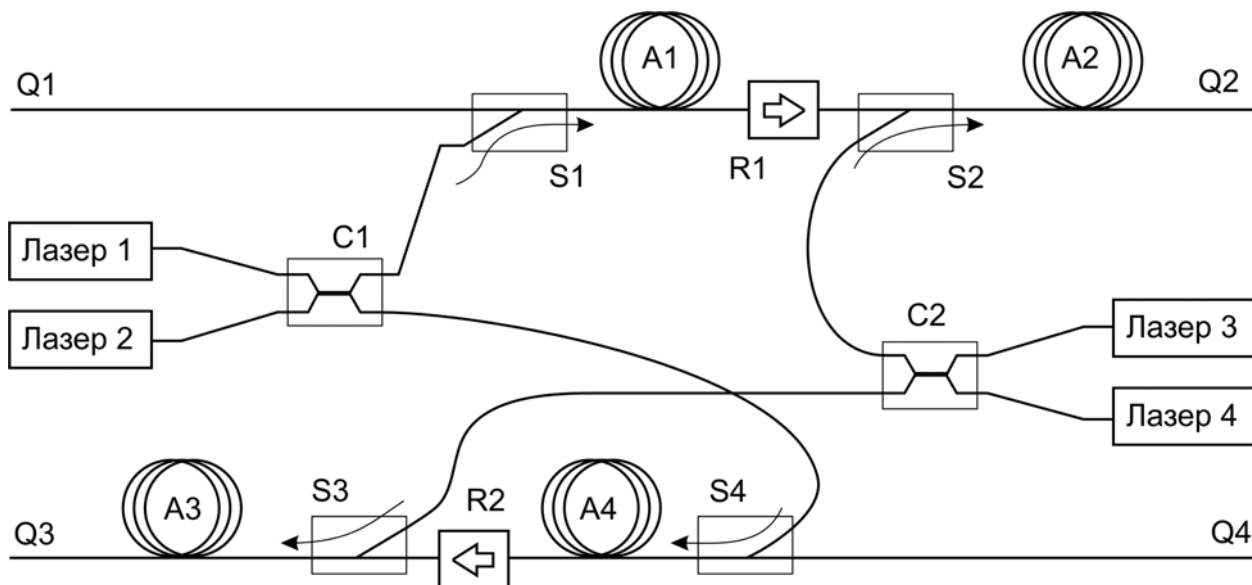


Рис. 3. Усовершенствованный усилитель, второй вариант

В схеме на рис. 3 отказ одного из лазеров, связанных с концентратором C1, (например, лазера 2) вызывает снижение уровня накачки двух усилителей (A1 и A4) входных каскадов. Аналогично отказ одного из лазеров, связанных с концентратором C2, (например, лазера 3) вызывает снижение уровня накачки двух усилителей (A2 и A3) выходных каскадов.

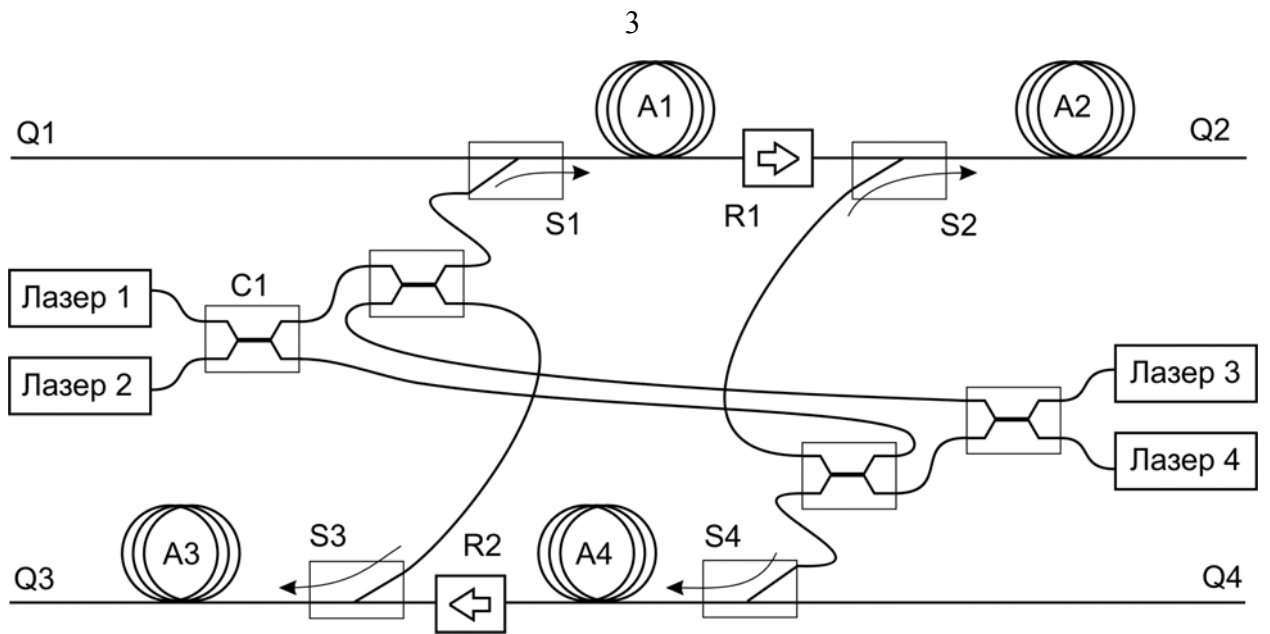


Рис. 4. Усовершенствованный усилитель, третий вариант

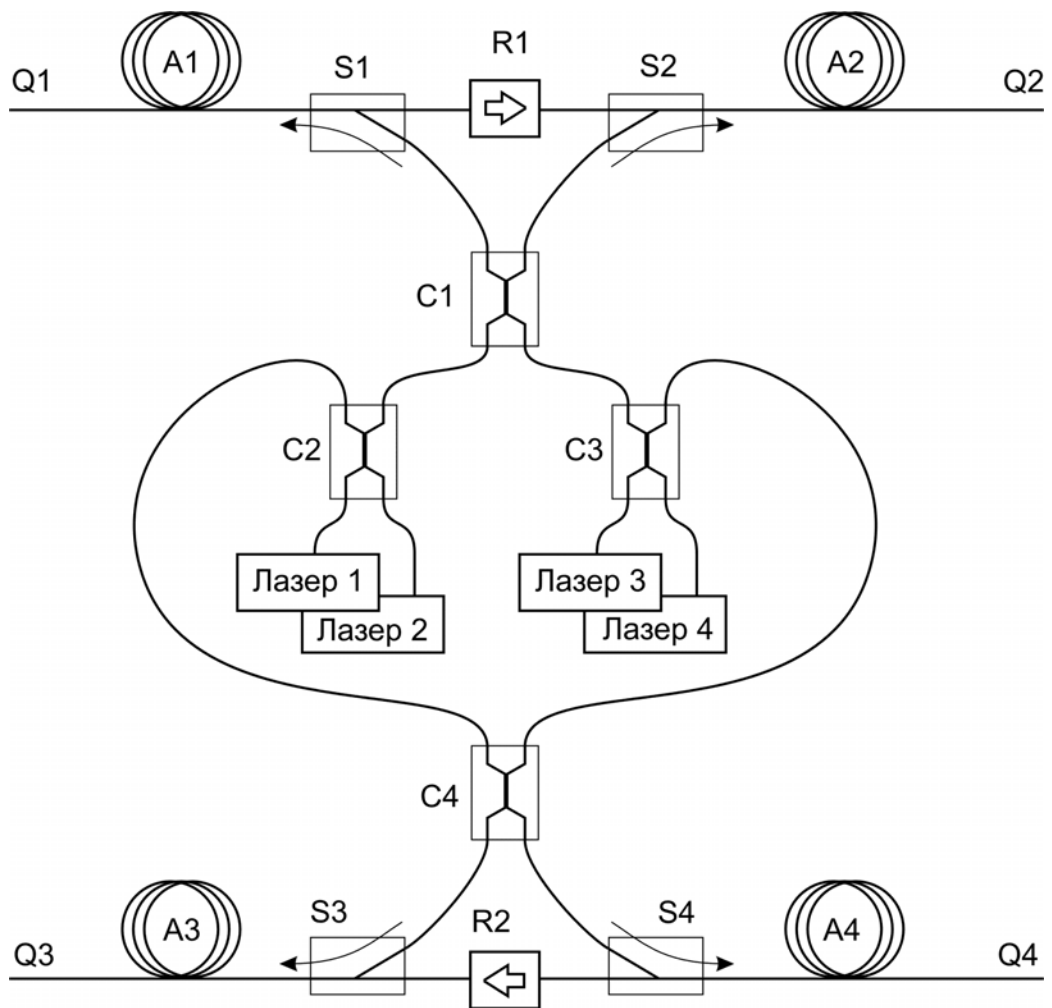


Рис. 5. Усовершенствованный усилитель, четвёртый вариант

В схемах, показанных на рис. 4 и 5, отказ любого лазера на  $\frac{1}{4}$  уменьшает накачку всех усилителей. В последней схеме, в отличие от предыдущих, применено встречное по отношению к сигналу данных направление передачи сигналов накачки усилителей А1 и А4.

В первом приближении все представленные здесь схемы можно считать одинаково применимыми для усиления сигналов. Более подробная информация о них содержится в [1].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. США № 6.236.777 В1 <http://www.uspto.gov>.
2. Шевкопяс Б.В. *Элементы схемотехники оптоволоконных систем. Инженерные решения.*— М.: ИП РадиоСофт, 2011. — 756 с., ил.